LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS.
27 N'12

Untersuchungen über die Reizschwelle für Farbensättigung bei Kindern

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät

der

Universität Leipzig

vorgelegt von

Llewelyn Wynn Jones
aus Henllan (Pwllheli), North Wales

Mit 7 Abbildungen, 8 Tabellen und 17 Kurven im Text

Verlagsbuchhandlung von Alfred Hahn in Leipzig
1911

Angenommen von der philosophisch-historischen Sektion auf Grund der Gutachten der Herren Meumann und Wiener.

Leipzig, den 1. Juli 1911.

DER PROKANZELLAR
Brandenburg.

Erschienen in den „Pädagogisch-Psychologischen Arbeiten (Veröffentlichungen des Instituts für experimentelle Pädagogik und Psychologie des Leipziger Lehrervereins)". Herausgegeben von Dr. Max Brahn. II. Band, Seite 1—64.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS.
27 N'12

152.1
J72u
115a17-c.a.

Meiner lieben Mutter gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung. Über Farbensinn und Farbenerziehung 5
I. Die Aufgabe 9
1. Der Begriff der Schwelle 9
2. Die Abhängigkeit der Schwellenwerte von der Disposition des Beobachters 10
3. Die Abhängigkeit der Schwellenwerte von der Art der Reizdarbietung 13
4. Die vorliegenden Untersuchungen über die Reizschwelle für Farbensättigung 16
II. Die Vorversuche und ihre Versuchsanordnung 18
1. Die Helligkeitsvergleichungen 18
2. Die Vorversuche mit einem einfachen Farbkreisel 23
III. Die Hauptversuche 25
1. Die Beschreibung des Apparates und der Versuchsanordnung . . . 25
2. Die Beschreibung der angewandten psycho-physischen Methoden . . 27
3. Die Prüfung der Methoden 34
4. Die eigentlichen Hauptversuche 35
IV. Die Ergebnisse 39
1. Einige sich ergebende Probleme 39
2. Die Betrachtung der Tabellen und Kurven 40
3. Das Verfahren mit vierjährigen Kindern 57
4. Ein Vergleich der zwei Methoden A und C 58
5. Die genauere Diskussion der Ergebnisse 59
6. Zusammenfassung der Ergebnisse 64
7. Schlußbemerkungen 66
Literaturverzeichnis 67

Untersuchungen über die Reizschwelle für Farbensättigung bei Kindern.

Von **Llewelyn Wynn Jones,**
Lecturer on Education. University College. Southampton (England).

Einleitung.

Über Farbensinn und Farbenerziehung.

Es ist klar, daß eine Erforschung der tatsächlichen Verhältnisse der Empfindungen des Kindes für Farben von großer Wichtigkeit ist. Erstens würde es dadurch ermöglicht, die richtigen Grundsätze einer Farbenerziehung festzustellen, und zweitens würden gewisse Grundprobleme in der Kinderpsychologie, die nachher betrachtet werden, durch die Untersuchung der Farbenempfindlichkeit des Kindes am besten gelöst.

Zunächst wird es zugegeben, daß manche Sinnestätigkeiten des Kindes in der Schule nicht ordentlich gepflegt werden. Meumann[1]) sagt: „Wir haben gar keinen Grund, die Empfindungen, also z. B. die Ton-, Farben-, Helligkeits-, Tast- und Bewegungsempfindungen, von den Elementen der Anschauung auszuschließen und nur die räumlichen oder Formenverhältnisse zu ihnen zu rechnen.“ Freilich bietet der übliche Schulunterricht selbst (besonders der Zeichen-, Mal- und naturkundliche Unterricht) vielfach Gelegenheit zur Ausbildung des Farbensinnes. Es würde vielleicht möglich sein, eine systematische Erziehung des Farbensinnes in der Malstunde durchzuführen, wie von Taylor[2]) vorgeschlagen ist. Anfangs würde das Kind nur einfache Farben behandeln, nach und nach aber die verschiedenen Mischfarben, so daß am Ende der Schulzeit der Farbensinn des Kindes sehr gut entwickelt wäre. Es wäre vielleicht ratsam, dazu noch andere Hilfsmittel anzuwenden, um diese Erziehung mehr systematisch zu betreiben, z. B. eine Tafel zum Unterrichte in der Farbenkenntnis zu benutzen, wie sie von Magnus und anderen herausgegeben ist.

---

[1]) Meumann, Vorlesungen, Band 2, S. 160.
[2]) Taylor, Colour-Sense Training and Colour Using, London 1908.

Diese praktische Durchführung der Erziehung des Farbensinnes aber soll hier nicht mehr verfolgt werden, wir wollen vielmehr zunächst eine theoretische Behandlung des Begriffes Farbensinn geben. Der Begriff Farbensinn kann drei verschiedene Bedeutungen haben. Der Farbensinn besteht in der Fähigkeit, ganz minimale Mengen einer Farbe aus einer Mischung mit Schwarz, Weiß oder Grau oder mit anderen Farben herauszufinden, oder psychologisch ausgedrückt: Der Farbensinn ist gleichbedeutend mit der Feinheit der Reizschwelle. Das Wort Farbensinn kann aber eine zweite Bedeutung haben. Die Fähigkeit, Farben in ihren verschiedenen Nuancen und Tönen voneinander zu unterscheiden, oder psychologisch gesagt, die Feinheit der Unterschiedsschwellen für Farben kann man auch als Farbensinn bezeichnen. Drittens versteht man gewöhnlich im täglichen Leben unter dem Begriff Farbensinn die Fähigkeit, Zusammensetzungen von Farben richtig zu beurteilen und richtig zu würdigen. Wenn diese drei Fähigkeiten stets miteinander parallel gingen, dann wäre es nicht so dringend, sie voneinander zu trennen. Da es aber wohl möglich ist, daß sie sich mehr oder weniger unabhängig voneinander äußern, ist es wichtig zu wissen, in welcher Bedeutung der Begriff Farbensinn in kunsterzieherischen Abhandlungen etwa gebraucht wird.

Eine Erziehung des Farbensinnes ist dem dreifachen Begriffsinhalte entsprechend nach dreierlei Richtungen hin möglich: Erstens als Verfeinerung der Reizschwelle für Farbensättigungen und Farbentöne, zweitens als Verfeinerung der Unterschiedsschwelle für Farbensättigungen und Farbentöne und drittens als Ausbildung des ästhetischen Sinnes.

Wie weit eine Ausbildung des ästhetischen Sinnes und des Geschmacks möglich ist, zeigt der Unterschied zwischen dem Geschmack der ästhetisch Gebildeten und Ungebildeten. Es ist bekannt, daß primitive Völker und Kinder eine große Neigung zu stark gesättigten Farben, überhaupt zu allem Bunten haben; der mildere Reiz einer schwächeren Farbe erregt bei ihnen keine Freude. Grant Allen[1]) hat es so ausgedrückt: „Während der Urmensch nur für einen stechenden und glänzenden Reiz seiner ursprünglichen Farben in ihrer ganzen, vollen Leuchtkraft besorgt ist und ihren dunkleren Schattierungen oder matteren Mischungen wenig Beachtung schenkt, lernte der ästhetisch Gebildete das feinere Wohlgefallen kennen und würdigen, das jenen schwächeren und zarteren Reizen entspringt. Er ist dadurch instand gesetzt, die Annehmlichkeiten des Gesichtssinnes abwechselnder und reicher zu gestalten und seine verschiedenfarbigen Objekte in zahlreicheren und feineren Zusammenstellungen herzustellen.“ Durch Verfeinerung des Geschmacks wird das Interesse des Kindes für die mannigfachen Farben und Farbenkombinationen der Natur wie der Kunst geweckt. Aus der Tatsache, daß ein Unterrichtsgegenstand dann dem Kinde

[1]) Grant Allen, Der Farbensinn, Leipzig 1880.

geboten werden soll, wenn Interesse dafür vorhanden ist, kann man im Hinblicke auf die Vorliebe der Kinder für alles Bunte folgern, daß bunte Farben sehr wohl als erste Unterrichtsgegenstände des Kindes geeignet sind, wie Fröbel es richtig erkannte. Das Interesse für zartere Mischfarben wird später geweckt, und dann auch nur in mangelhafter Weise, wenn nicht die Farbenerziehung eingreift und die ästhetische Beeinflussung längere Zeit hindurch fortgesetzt wird. Ohne Zweifel ist eine enorme Verfeinerung der Unterschiedsschwelle durch Erziehung möglich, so daß ein älteres Kind wohl imstande ist, zwei sehr ähnliche Nuancen voneinander zu unterscheiden. Als Beispiele, die den Einfluß der Übung auf das Farbenunterscheidungsvermögen beweisen, sei auf die Schwarzfärber in den Samtfabriken am Niederrhein hingewiesen, die etwa vierzig verschiedene Schwarz unterscheiden können.[1]) Andere Beispiele bieten Tuchhändler, Modistinnen, Maler, überhaupt alle Personen, die beruflich mit Farben beschäftigt sind. Wie steht es in dieser Hinsicht mit der Reizschwelle? Es ist noch nicht bewiesen, wie weit eine Verfeinerung der Reizschwelle durch Erziehung und Übung möglich ist. Nach Wundt[2]) ist die Bedeutung der Reizschwelle in erster Linie eine physiologische, und nur in zweiter Linie sind psychische Bedingungen auf sie von Einfluß. Daher ist zu erwarten, daß der Einfluß der Übung nicht so groß sein wird wie bei der Unterschiedsschwelle, die mehr von den Funktionen der Aufmerksamkeit und den diese Funktionen bestimmenden psychischen Einflüssen abhängig ist. Eine Beantwortung dieser Frage ist von praktischer Bedeutung. So will man in neuester Zeit Personen vom Eisenbahndienste ausschließen (obwohl sie nicht farbenblind sind), wenn sie Farben in gewissen kleinen Quantitäten, die einem Grau beigemischt sind, nicht erkennen, oder wenn sie gesättigte Farben in einer gewissen Größe in bestimmter Entfernung nicht deutlich wahrnehmen können.[3]) Auch für den Chemiker und Mediziner ist es oft sehr wichtig, den schwachen Niederschlag im Reagenzglase auf seine Farbbeschaffenheit zu beurteilen.

Endlich ist es beachtenswert, daß die Benennungen der Farben in engem Zusammenhange mit dem Farbensinne stehen. Wenn es sich aber etwa um die genaue Prüfung des Unterscheidungsvermögens von Farben handelt, muß man freilich danach streben, das Farbenbeurteilen so unabhängig als möglich von der Sprache zu betrachten. Dabei behält die Untersuchung der Sprachbenennungen der verschiedenen Farben ihre volle selbständige Bedeutung.

Eine Farbenerziehung entwickelt nicht nur den Farbensinn als solchen, sondern auch die Benennungen der Farben, so daß der sprachliche Ausdruck und die Empfindung nach vorangegangener Übung eindeutigere Be-

---

[1]) A. v. Reuss, Die Erziehung des Farbensinnes, S. 4, Wien 1908.
[2]) Wundt, Physiol. Psychologie, 6. Aufl., Band 1, S. 559.
[3]) A. v. Reuss, Die Erziehung des Farbensinnes, S. 19.

ziehungen aufweisen. Wenn die Benennung fehlt, muß nicht notwendig die Empfindung mangelhaft sein. Die Untersuchungen von Rivers[1]) und anderen zeigen, daß die Benennungsfähigkeit bei primitiven Völkern weit hinter ihrer Unterscheidungsfähigkeit steht. Obwohl die Schwellenwerte in manchen Fällen so klein wie bei Europäern sind, ist doch die Benennung ziemlich mangelhaft. Freilich haben sie kein Bedürfnis, so viel Farbennamen wie zivilisierte Völker zu benutzen; aber sie sind auch wegen ihres Mangels an feinerem ästhetischen Sinne nicht imstande, die zarteren Farben zu benennen; sie können nur sagen, ob sie zu einer der Hauptfarben gehören[2]) oder nicht. Ja man kann die Frage aufwerfen: Ist die Farbenkenntnis der Jugend und selbst der Erwachsenen auch der Kulturvölker nicht oft sehr mangelhaft? Virchow[3]) sagte einmal: „Ich empfehle in jedem Semester von neuem praktische Übungen mit Farben, weil ich weiß, daß die Mehrzahl unserer jungen Männer außerstand ist, die feineren Nuancierungen der gewöhnlichsten Farben mit Sicherheit zu bezeichnen. Diese optische Hilflosigkeit ist höchst beklagenswert, und der größte Teil derselben beruht keineswegs auf Farbenblindheit, sondern auf Farbenunkenntnis und Mangel an Übung; dem läßt sich sicher durch Erziehung vorbeugen.“ Eine Frage ist noch die, ob die Farbenblinden gewissermaßen ihre falschen Eindrücke vermindern können, wenn sie (nachdem die Art ihrer Farbenblindheit festgestellt ist) mit den richtigen chromatischen Gläsern versehen werden.[4])

Aus diesen Darlegungen ergibt sich die Folgerung, daß eine systematische Erziehung des Farbensinnes als formale sowie als utilitarische Bildung ohne Zweifel sehr wertvoll ist.

Von den drei Bedeutungen des Begriffes Farbensinn kommt für uns nur die erste Bedeutung in Betracht, die es mit der Reizschwelle zu tun hat.

---

[1]) Rivers, British Journal of Psychology, Vol. 1, 1905.

[2]) Wie die Farbenbenennungen eines Volkes sich entwickeln, ist eine Frage der Völkerpsychologie. Woodworth (Psych. Bulletin, Vol. VII, Nr. 10, Okt. 1910) weist auf die Stufen der Entwicklung folgendermaßen hin: Auf der ersten Stufe sind alle Vergleichungen fließend, ohne einen festen Gebrauch. Auf einer späteren Stufe werden alle Objekte, die mehr oder weniger eine gewisse Farbe haben, mit einem bestimmten Objekt verglichen. Auf einer noch späteren Stufe (Wundt, Völkerpsychologie, 1900, Bd. I. 2, S. 512—515) ist der Name abstrakt geworden in dem Sinne, daß an das Objekt nicht mehr gedacht wird, daß also sein Name benutzt wird, um eine Farbe zu bezeichnen. Endlich kann der Name in bezug auf das Objekt selbst ungebräuchlich geworden sein und nur im Hinblick auf die Farbe selbst benutzt werden. Die Namen für Rot können z. B. meist auf Sprachwurzeln zurückgeführt werden, die Brennen und Flamme bezeichnen, wie ruber, ἐρυθρός, rot, red. — Die Namen für Grün weisen meist auf wachsende Pflanzen hin, viridis, was auf virescere, vis zurückdeutet. Englisch: grow, green. Die Namen für Blau weisen auf Himmel und Luft hin, wie coeruleus, das englische blue wie das deutsche blau auf blow i. e. blasen. (Helmholtz, Optik. 2. Aufl., S. 583.)

[3]) Virchow, Sitzungsbericht d. anthrop. Gesellschaft, Berlin, 20. VII. 1878.

[4]) Church, Colour, London 1907, S. 78.

I. Die Aufgabe.

Unsere Aufgabe soll es sein, die Reizschwelle für Farbensättigung bei Kindern festzustellen. Zunächst aber ist es nötig, diesen Begriff zu erläutern und die Abhängigkeit der Reizschwelle von verschiedenen Bedingungen genau zu untersuchen.

1. Der Begriff der Schwelle.

Den Ausdruck Schwelle hat Herbart[1]) zuerst in die Psychologie eingeführt. „So wie man gewohnt ist, vom Eintritt der Vorstellungen ins Bewußtsein zu reden, so nenne ich Schwelle des Bewußtseins diejenige Grenze, welche eine Vorstellung zu überschreiten scheint, indem sie aus dem völlig gehemmten Zustande zu einem Grade des wirklichen Vorstellens übergeht. Berechnung der Schwelle ist ein verkürzter Ausdruck für Berechnung derjenigen Bedingungen, unter welchen eine Vorstellung nur noch vermag, einen unendlich geringen Grad des wirklichen Vorstellens zu behaupten, unter welchen sie also gerade an jener Grenze steht."

Von Fechner[2]) wurde dieser Ausdruck Schwelle auf das Empfindungsmaß übertragen[3]): „Den Punkt, wo die Merklichkeit eines Reizes oder eines Reizunterschiedes beginnt und schwindet, wollen wir kurz die Schwelle nennen."

Die Reizschwelle wird von Wundt[4]) so definiert: „Die fundamentale Bedeutung, die der Reiz als das einzige unserer quantitativen Beherrschung zugängliche Hilfsmittel zur Erzeugung von Empfindungen und andern quantitativ bestimmbaren psychischen Inhalten besitzt, macht daher die Feststellung der Grenzen wünschenswert, zwischen denen sich der Reiz bewegen muß, wenn überhaupt eine Veränderung der Empfindung möglich sein soll. Die untere derartige Grenze ist als Reizschwelle bezeichnet... Dem Grenzwert der Reizschwelle entspricht die eben merkliche Empfindung oder, wie wir sie kürzer nennen wollen, die Minimalempfindung.... Nach der Lage der Reizschwelle bestimmen wir die Reizempfindlichkeit. Je kleiner die Reizgröße ist, die der Minimalempfindung entspricht, um so größer ist die Empfindlichkeit." Wenn also die Reizschwelle mit S und die Reizempfindlichkeit mit E bezeichnet wird, dann ist $E = K \cdot \frac{1}{S}$, wobei K eine Konstante ist.

Anmerkung. Der Ausdruck Reizschwelle ist von verschiedenen Autoren in verschiedener Bedeutung benutzt worden. Von Kries[5]) nennt sie „Einfache Schwelle", im Gegensatz zur Unterschiedsschwelle, ferner teilt er die „Einfache Schwelle" in die „Generelle Schwelle" und die „Spezifische Schwelle" ein. „Läßt man

---

[1]) Herbarts Werke, Band V, S. 292.

[2]) Fechner, Elemente der Psychophysik, I, S. 238.

[3]), [4]) Wundt, Physiol. Psychologie, 6. Aufl., Bd. I, S. 559, 560.

[5]) Nagel, Physiologie des Menschen, Bd. III.

farbige Lichter in sehr geringen Stärken auf das Sehorgan einwirken, so findet man meist einen Stärkegrad, unterhalb dessen sie überhaupt nicht sichtbar sind, und wir bezeichnen diesen als generellen Schwellenwert. Erst bei einer höheren Stärke dagegen wird der Empfindungserfolg von der Art, daß die Farbe erkannt und angegeben werden kann; es ergibt sich hier also ein weiterer Wert, der als spezifischer Schwellenwert bezeichnet wird."

In ähnlicher Weise spricht Charpentier[1]): „En d'autres termes, la première action de la lumière pénétrant dans l'œil à dose très minime est de produire dans tous les cas une sensation lumineuse diffuse, non différenciée soit comme couleur, soit comme forme, pour une dose un peu plus forte on a, s'il y a lieu, la notion de couleur; et ce n'est que par une élaboration encore plus complète, nécessitant encore plus de lumière, que l'on peut résoudre en ses éléments divers l'objet lumineux présenté à l'œil."

Diese drei Stufen unterscheidet Charpentier durch die Ausdrücke „sensibilité lumineuse", „sensibilité chromatique" und „sensibilité visuelle".

G. E. Müller[2]) nennt die Reizschwelle „absolute Schwelle" im Gegensatz zur Unterschiedsschwelle. In der physiologischen Literatur der letzten Jahre ist aber der Ausdruck „absolute Schwelle" als Gegensatz zur „spezifischen Schwelle" gebraucht, also für das, was von Kries generelle Schwelle nannte.

In der Praxis ist eine Bestimmung der Reizschwelle mit vielen Schwierigkeiten verknüpft, da die Reizschwelle von vielen Bedingungen abhängig ist, und die Schwellenwerte in engem Zusammenhange mit diesen Bedingungen stehen, die wieder sehr verschieden gestaltet sein können. Diese Bedingungen sind von zweierlei Art. Angenommen, ein Beobachter hat in einem gewissen Moment eine gewisse Empfindung wahrgenommen, dann können Veränderungen der bei ihm gefundenen Schwellenwerte entweder durch Änderungen seiner inneren oder der äußeren Zustände verursacht worden sein. Mit anderen Worten, durch Änderungen des dispositionellen Zustandes des Beobachters selbst oder durch Änderungen des Reizes und dessen Umgebung, sowie der Reizdarbietungsweise wird der Schwellenwert ein anderer. Also, je genauer die Angaben über das psychophysische Verhalten der Versuchspersonen sowie über die äußere Anordnung der Versuche sind, desto größer ist die Durchsichtigkeit und Rekonstruierbarkeit[3]) des Verfahrens, und desto mehr gewinnen die Ergebnisse an Brauchbarkeit

2. Die Abhängigkeit der Schwellenwerte von der Disposition des Beobachters.

In diesem Abschnitte sind zwei Momente zu beachten:

a) Periphere Zustände.

Änderungen in den Organen, wie Schwankungen in der Leistungsfähigkeit der Netzhaut und der leitenden Nerven üben einen Einfluß auf die Empfindungen aus. Diese Änderungen können entweder durch Ermüdung, durch

[1]) Charpentier, Comptes rendus, XCI, 1880, S. 1077.

[2]) G. E. Müller, Gesichtspunkte und Tatsachen der psychophysischen Methodik, S. 1.

[3]) G. E. Müller, Gesichtspunkte usw., S. 8.

die Zeitdauer des Reizes oder durch Schwankungen in der Blutzirkulation verursacht werden. So kommt es manchmal vor, daß derselbe Reiz jetzt wahrnehmbar, gleich darauf nicht wahrnehmbar ist, oder umgekehrt. Es sei erwähnt, daß nach Hering[1]) die Empfindlichkeit des Auges unmittelbar nach dem Erwachen größer ist als zu irgendeinem anderen Zeitpunkte des Tages.

Ferner kommt es darauf an, ob das Sehen monokular oder binokular ist: es kann sein, daß die Schwellenwerte beim linken Auge anders als beim rechten sind.[2]) Es ist gleichfalls wichtig, ob die Augen sich bewegen oder ruhig bleiben. Nach Hess[3]) beruht das Wiederauftauchen eines bei andauernder Fixation unsichtbar gewordenen lichtschwachen Gesichtsobjektes auf dem Eintreten einer Augenbewegung. Durch zu starke Fixation kann der Reiz verschwinden; wenn aber die Stärke der Fixation nachläßt und die Augen kleine unwillkürliche Bewegungen, die immer eine klare visuelle Wahrnehmung begleiten, machen können, ist er sogleich wieder sichtbar. Endlich muß berücksichtigt werden, wie sich die Akkomodation des Auges verhält.

Polack[4]) fand, daß, wenn das Auge für eine kleinere Entfernung als die des Objektes akkomodiert ist, dann die rote Farbe desselben mehr gesättigt, die gelbe rötlich und die grüne gelblich erscheint[5]) usw. Wenn aber das Auge für eine größere Entfernung als die des Objektes akkomodiert ist, erscheint die violette Farbe mehr gesättigt, die blaue mehr violett, die grüne bläulich. Diese Erscheinungen lassen sich durch die chromatische Aberration des Auges erklären und mittels einer Figur leicht veranschaulichen.

b) Zentrale Zustände.

Eine logische Ordnung der vielen Faktoren, die hier zu betrachten sind, stößt auf manche Schwierigkeiten physiologischer und psychologischer Natur, zum Teil schon dadurch, daß die Teilung in periphere und zentrale Zustände nicht ganz eindeutig ist. Daher werden hier nur die wichtigsten Faktoren erwähnt. In erster Linie kommt der Zustand der Aufmerksamkeit in Betracht. Es ist notwendig, daß die Aufmerksamkeit des Beobachters von maximaler Konzentration ist und während des Versuchs konstant auf dieser Höhe bleibt; denn wenn sich die Aufmerksamkeit an Umfang oder an Intensität und Gleichmaß der Konzentration ändert,

---

[1]) Gräfes Archiv, Bd. 37, 1891.

[2]) Lane, Space threshold of colours, Univ. of Toronto Psychol. Studies, Vol. 1. 1900.

[3]) Hess, Archiv f. Ophthalmologie, Bd. 40, 2 Abt., S. 274 ff.

[4]) Polack, Der Einfluß des Chromatismus des Auges auf die Sichtbarkeit der Farben. Comptes rendus, 138, 1904 u. Arch. f. d. gesamt. Physiol. Bd. V, S. 135.

[5]) In unserer Untersuchung kann das vorkommen, wenn der Schirm, der den Reiz zwischen den Darbietungen deckt, dem Beobachter näher ist als der Reiz selbst, da das Auge des Beobachters dann auf einen Punkt des Schirmes akkomodiert ist.

wird auch der Schwellenwert ein anderer. Besonders bei sehr jungen Kindern ist das der Fall, da bei ihnen Umfang, Intensität und Gleichmaß der Konzentration geringer als bei Erwachsenen sind. Freemann[1]) fand, daß der Umfang der Aufmerksamkeit bei Kindern um 1 bis 2 Einheiten kleiner als bei Erwachsenen ist. Ferner kommen die Instruktion des Versuchsleiters und die ganze Methodik der Versuche in Frage. Die Instruktion des Versuchsleiters kann in mannigfacher Weise geändert werden; dann wird aber auch der Versuchsverlauf ein anderer, und neue psychische Zustände bieten sich der Analyse. Infolgedessen ist es denkbar, daß die erhaltenen Schwellenwerte von der gegebenen Instruktion und von der angewandten Methode abhängig sind. Wie Instruktion und Methode variiert werden können, soll das folgende Beispiel zeigen.

Es soll die Reizschwelle für Farbensättigung bei Rot gesucht werden. Die Vp. kann nun im voraus nicht wissen, welche Farbe überhaupt dargeboten wird. Es kann ihr aber auch vorher gesagt werden, daß nur entweder Rot oder Grau erscheinen wird, und daß sie dann das Rot zu bestimmen habe. In beiden Fällen ist das Ziel der Beobachtung nicht dasselbe, und je nach dem Inhalte des Beobachtungszieles fällt die Analyse des Wahrgenommenen verschieden aus. Solche Absichtsvorstellungen sind von Meumann[2]) als leitende Vorstellungen der Beobachtung bezeichnet worden.

Wenn die Vp. über den ganzen Verlauf des Versuchs unterrichtet ist, wird das Verfahren wissentlich genannt; beim unwissentlichen Verfahren dagegen erfährt die Vp. vorher nichts über die Richtung, Qualität, Quantität usw. der Reizveränderungen. Es ist wohl zu erwarten, daß beim unwissentlichen Verfahren die Schwellenwerte im allgemeinen etwas größer als beim wissentlichen sind. Während des Versuches soll die Vp. nur von der Absichtsvorstellung geleitet sein; denn alles andere kann einen störenden Einfluß haben, da ein Inhalt seiner Umgebung gegenüber in gewissem Sinne psychisch unselbständig ist.[3])

Auch der Urteilsmaßstab des Beobachters kann beeinflußt werden, z. B. durch Kontrastwirkungen.[4]) Bei einer längeren Reihe aufeinander folgender Versuche mit vorwiegend kleinen Differenzen wird das Urteil nach einer bestimmten Richtung gelenkt. Das gleiche kann durch Vorkenntnis zustande kommen. Myers[5]) sagt darüber: „Wenn man die rote Glut eines Schneeberges bei Sonnenuntergang betrachtet, wird der Grad

---

[1]) Freeman, Über Aufmerksamkeitsumfang und Zahlauffassung, Pädag.-Psychologische Arbeiten, Veröffentlichungen des Instituts für experimentelle Pädagogik und Psychologie des Leipziger Lehrervereins, Bd. I, S. 168, 1910.

[2]) Meumann, Vorlesungen, Bd. I, S. 12.

[3]) Mittenzwey, Über abstrahierende Apperzeption, Wundts Psychol. Stud., Bd. 2, S. 382.

[4]) G. E. Müller, Gesichtspunkte usw., S. 27.

[5]) Myers, Experimental Psychology, London 1909.

der Röte unterschätzt, da man überzeugt ist, daß die Bergoberfläche in Wirklichkeit weiß ist."

Zuletzt sei auf Erinnerungs- und Assimilationswirkungen hingewiesen. Über Erinnerungsbilder schreibt Müller[1]): „Sucht man sich bei einem Vergleichungsurteile mit auf das Erinnerungsbild des ersten Reizes zu stützen, so zieht man (nach meinen Erfahrungen) die Unsicherheit der Erinnerung bald mehr, bald weniger in Betracht." Bei jüngeren Kindern kann wegen der Subjektivität der Wahrnehmungen das Wahrgenommene durch die vorhandenen Erinnerungs- und Erwartungsvorstellungen ganz besonders stark verfälscht und subjektiv gefärbt sein.[2]) „Die assimilierenden Vorstellungen überwiegen beim Kinde bedeutend über die passiv aufgenommenen Eindrücke, und noch bis in die Mitte der Schulzeit zeigt sich die Neigung, falsche Vorstellungen zu assimilieren und komplexe Eindrücke nach vorgefaßter Erwartung zu verändern."[3])

3. Die Abhängigkeit der Schwellenwerte von der Art der Reizdarbietung.

Wenn die Beleuchtung des Reizes oder die räumliche oder zeitliche Ausdehnung des Reizes geändert wird, findet auch eine Änderung des Schwellenwertes statt. Mit dem Worte Reiz ist hier nicht nur der Reiz selbst im engeren Sinne, sondern auch die Umgebung des Reizes gemeint. Man kann einen Inhalt nicht apperzipieren, ohne seine nächste Umgebung mit zu beachten.[4]) Natürlich wird die Umgebung mit geringerem Bewußtseinsgrade als der Hauptinhalt apperzipiert. Bei der Konzentration auf eine punktartige Stelle einer Ebene nimmt der Grad der Beachtung mit der Zunahme der Entfernung vom Hauptinhalte ab, und der Bewußtseinsgrad der Nebeninhalte nähert sich in gleichem Sinne der Null. Indem wir den Reiz in diesem allgemeineren Sinne verstehen, wollen wir zunächst die Folgen einer Änderung der Beleuchtung des Gesichtsfeldes auf die Empfindung betrachten. Hier handelt es sich um die Adaptation der Netzhaut; denn der Zustand der Sehfläche paßt sich den Bedingungen der stattfindenden Reizung an. Aubert[5]) fand, daß mit fortschreitender Dunkeladaptation die Schwellenwerte beständig abnehmen. Diese Tatsache ist in jüngster Zeit in vollkommener Weise von Piper untersucht worden. Er fand, daß die Empfindlichkeit vom Beginne des Dunkelaufenthaltes an zuerst nur langsam, dann etwa von der zehnten bis zwölften Minute an sehr viel schneller, dann allmählich wieder langsamer zunimmt. Die Ver-

---

[1]) G. E. Müller, Gesichtspunkte usw., S. 111.
[2]) Meumann, Vorlesungen, Bd. 1, S. 64.
[3]) Meumann, vgl. auch Freeman, obig. Arb., S. 168.
[4]) Mittenzwey, obig. Arb., Wundts Psychol. Studien, Bd. 2.
[5]) Aubert, Physiologie der Netzhaut, S. 39.

größerung der absoluten Empfindlichkeit beträgt nach Piper[1]) das 1400- bis 1500-fache.

Aber nicht nur die Dunkeladaptation ist hier von Einfluß, sondern auch die Helladaptation, und die Übergänge zwischen Hell- und Dunkeladaptation dürfen, wie Hering betont, nicht unberücksichtigt bleiben. Was die chromatische Adaptation anbetrifft, so fand schon Seebeck[2]) 1837, daß ein normales Auge durch stundenlange Benutzung von roten Brillen farbenblind wird, und daß nach dem Absetzen der Gläser die Wahrnehmungsfähigkeit nur für das Gelb und Blau des Spektrums besteht. Dieses umfangreiche Gebiet ist bis jetzt wenig erforscht. In neuester Zeit hat Goldschmidt[3]) eine Nachwirkung der chromatischen Adaptation in quantitativer Richtung gefunden. Er beobachtete, daß an sehr hellen Tagen, wenn die Vp. gerade aus dem Freien kam, ein schwacher, sonst weiß erscheinender Lichtreiz, sich etwas orangegelb gefärbt zeigte, während die Nachbilder weißlich erschienen.

Nach Hering soll das sogenannte weiße Tageslicht in physiologischem Sinne erheblich gelbrot sein; da es aber als weißes Licht wahrgenommen wird, sind wir durch den Aufenthalt in solchem Lichte in gewissem Sinne dafür farbenblind. Ähnlich ist es mit Gaslicht, dessen Färbung orangegelblich ist, da die violetten, blauen und blaugrünen Strahlen fast fehlen. Es wird doch als weißes Licht empfunden. Also in beiden Fällen — besonders beim Gaslichte — wird das Maß für Weiß nicht ganz weiß, sondern etwas farbig sein, da die herrschende Beleuchtung wenig gelblich ist.

In der folgenden Untersuchung entsprach die Beleuchtung den normalen Verhältnissen der Schule, also Tagesbeleuchtung mit indirektem Sonnenlicht.

Weiterhin sind räumliche Zustände zu berücksichtigen. Angenommen, der Fixationspunkt bleibt konstant, dann kann die Lage des Reizes verändert werden, und das Sehen wird mehr oder weniger indirekt. Mit anderen Worten: das Netzhautbild befindet sich nicht im Zentrum der Retina, sondern liegt in der Peripherie. Da die verschiedenen Teile der Netzhaut ungleiche Empfindlichkeiten für verschiedene Farben besitzen, muß eine Änderung der Lage des Reizes im Gesichtsfelde eine Änderung der Empfindung mit sich bringen. Da die Empfindung für Helligkeiten besser ist, wenn das Sehen etwas indirekt geschieht, werden astronomische Beobachtungen manchmal bei indirektem Sehen vorgenommen. Für das Farbensehen dagegen ist die Empfindlichkeit beim direkten Sehen am größten. Es ist daher zweckmäßig, bei unsern Versuchen das direkte Sehen anzuwenden.

Die Reizwirksamkeit ist auch abhängig von der Extension des Reizes

---

[1]) Nagels Physiologie des Menschen, Bd. 3, S. 168.

[2]) Rood, Colour, London 1904, S. 97 zitiert.

[3]) Goldschmidt, Quantitative Untersuchungen über positive Nachbilder, Leipziger Dissertation, 1910, S. 210.

im Gesichtsfelde.[1]) Wenn z. B. die räumliche Ausdehnung eines farbigen Reizes von gewisser Sättigung nicht groß genug ist, erscheint die Farbe nicht so gesättigt, als wenn ihre Extension größer ist. Bei genügend kleiner Extension ist die Empfindung nicht farbig, sondern farblos, und unterhalb einer gewissen Grenze wird keine Empfindung wahrgenommen. Weiter ist die Schwelle abhängig von der zeitlichen Darbietungsweise des Reizes. Ein Reiz kann nicht nur unmerklich gemacht werden durch Verminderung seiner Extension, sondern auch durch Verminderung seiner Einwirkungszeit, da es nachgewiesen ist, daß jeder Reiz eine gewisse Einwirkungszeit braucht, um die maximale Netzhauterregung zu erreichen. „Daher sieht ein helles Licht, das sehr kurze Zeit einwirkt, dunkler aus als ein weniger helles, aber länger einwirkendes. Die zur Erreichung des Intensitätsmaximums der Empfindung nötige Zeit ist bei verschiedenen Reizintensitäten verschieden, sie nimmt zu mit der Reizintensität und beträgt für intensive Lichter etwa 0,16 Sekunden."[2]) So kurze Zeiten kommen bei unseren Versuchen nicht in Betracht.

Die Art der Reizdarbietung hängt ferner ab von der psychophysischen Methode, die angewandt wird. Bei der Grenzmethode können die Stufen minimal oder infinitesimal sein, mit anderen Worten, das Verfahren ist entweder intermittierend oder kontinuierlich. In bezug auf die Darbietung extremer Reize handelt es sich darum, welche Anfangspunkte man beim absteigenden oder aufsteigenden Verfahren wählt; beim kontinuierlichen Verfahren muß auch die Schnelligkeit, mit der sich die Sättigung des Reizes ändert, beachtet werden. Alle diese Bedingungen üben einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die Schwellengröße aus.

Die beim absteigenden Verfahren erhaltene Schwelle nennen wir die Abstiegsschwelle, die beim aufsteigenden Aufstiegsschwelle. Beide Schwellen sind gewöhnlich nicht dieselben.

Auch von der Reaktionszeit des Beobachters sowie des Experimentators hängt die Größe der Aufstiegs- und Abstiegsschwellenwerte ab; und zwar wird unter dem Einflusse dieses Faktors der Aufstiegswert oft zu groß, der Abstiegswert aber zu klein.

Zuletzt ist zu erwähnen, daß je nach der Art und Weise, in der ein Reiz dargeboten wird, sukzessive oder simultane Kontrasterscheinungen vorkommen können.[3]) Wenn man eine dunkle Fläche auf weißem Grunde betrachtet und dann zur Seite schaut, wird eine Reihe positiver und nega-

[1]) Charpentier, Comptes rendus, t. 91, 1880, S. 49, 240. Mc. Dougall, Verhältnis der Sättigung homogener Farben zu der Größe des farbigen Feldes, American Journal of Psychology, 1902.

[2]) F. Schenck, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, herausg. von Zuntz und Loewy, S. 270.

[3]) Lane, The Space threshold of Colours and its dependence upon Contrast, Univ. of Toronto Psychol. Studies, Vol 1, S. 1, 2. Wundt, Physiol. Psych., 6. Aufl., Bd. II, u. a.

tiver Nachbilder gesehen. (Sukzessiver Kontrast.) Der simultane Kontrast umfaßt alle Phänomene, wie Abänderung in der scheinbaren Größe, der Helligkeit, der Sättigung, dem Farben- und Gefühlston, die eine Fläche auf unsere visuelle Empfindung in dem Moment ausübt, wo diese Empfindung stattfindet. „Ein farbiges Objekt auf farblosem Grunde oder ein farbloses Objekt auf farbigem Grunde rufen einen farbigen Simultankontrast hervor; im ersten Falle erscheint der Grund, im zweiten das Objekt besonders am Rande gefärbt und zwar in der entsprechenden Komplementärfarbe.“[1]) Alle diese Kontrasterscheinungen sollten von den Versuchen möglichst fern gehalten werden.

4. Die vorliegenden Untersuchungen über die Reizschwelle für Farbensättigung.

Schon Aubert[2]) hat Versuche mit der Massonschen rotierenden Scheibe gemacht, um festzustellen, mit welcher Menge von Weiß eine Farbe gemischt werden kann, bevor die Farbenempfindung unterdrückt wird. Massons Scheiben sind weiße runde Scheiben, auf die ein farbiger Sektor von einer beliebigen Anzahl von Graden aufgeklebt ist. Die Versuche sind bei Tageslicht gemacht worden. Aubert selbst war Vp. und wußte nicht, was für Farben aufgeklebt waren, so daß in dieser Beziehung das Verfahren ganz unwissentlich war. Dabei wurde die Fechnersche Methode der richtigen und falschen Fälle angewendet. Bei Rot und Blau lag die Schwelle etwa bei 3°, bei Grün und Gelb etwa bei 2°. Bei diesen Versuchen war aber ein Helligkeitskontrast vorhanden, und man erwartete, weil der Helligkeitskontrast bei Grün und Gelb geringer ist als bei Rot und Blau (da Grün und Gelb heller als Rot und Blau sind), daß die Schwellenwerte für Grün und Gelb größer als für Rot und Blau sein würden. Da das aber nicht eintrat, schloß Aubert, daß Grün und Gelb den Farbensinn stärker affizieren als Rot und Blau.

1870 hat Woinow[3]) Versuche mit rotierenden Scheiben bei Tageslicht gemacht. In der folgenden Tabelle sind die kleinsten wahrnehmbaren Sektoren für Rot, Gelb, Grün und Blau für die Fälle gegeben, bei denen eine weiße, eine hellgraue und eine dunkelgraue Scheibe benutzt worden war.

Tabelle 1.

Farbe	Weiße Scheibe	Hellgraue Scheibe	Dunkelgraue Scheibe
Rot	3° 11′	2° 7′	2° 17′
Gelb	4° 5′	2° 17′	1° 12′
Grün	3° 26′	2° 23′	2° 1′
Blau	2° 32′	2° 11′	1° 58′

[1]) F. Schenck, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, herausg. von Zuntz und Loewy, S. 272.

[2]) Aubert, Physiologie der Netzhaut, Breslau 1865, S. 138 ff.

[3]) Woinow, Archiv für Ophthalmologie, 1870, Bd. 16, S. 251.

Die absolute Helligkeit dieser Farben ist nach Woinow: Weiß 1; Rot 0,61; Gelb 0,72; Grün 0,62; Blau 0,52. Da die eingestellten Scheiben nicht dieselbe Helligkeit wie die untersuchten Farben hatten, war auch hier ein Helligkeitskontrast vorhanden. Es sind darum bei Benutzung der weißen Scheibe die Schwellenwerte für Grün und Gelb größer als die für Rot und Blau; das gerade Gegenteil von Aubert. Bei Woinow sind keine ausführlichen Angaben über die Versuchsanordnung sowie über das methodische Verfahren gegeben. Er bemerkt über die Benutzung von rotierenden Scheiben: „Das einzige, was gegen diese Methode spricht, ist der bei der Änderung der Größe der Sektoren nicht zu vermeidende Zeitverlust. Vielleicht wird es jedoch mit Hilfe vervollkommneter Instrumente später gelingen, die Änderung der Sektoren bei rotierender Scheibe zu bewerkstelligen." Woinow empfiehlt diese Methode zu Untersuchungen der Farbenblindheit.

Ein ganz anderes Verfahren hat Nichols[1]) angewendet. Er mischte eine Reihe weißer Pulver mit farbigen Pigmenten nach Rot, Grün, Blau und Gelb hin. Er verfuhr so: Ein farbiges Pulver wurde mit der gleichen Menge eines weißen Pulvers gemischt, diese Mischung in zwei gleiche Teile geteilt, und der eine Teil wieder mit der gleichen Menge weißen Pulvers gemischt usw., bis alle Spur von Farbe verschwunden war. Die einzelnen Mischungen kamen in Glasflaschen, und diese wurden ganz unregelmäßig durcheinander gestellt. Die Versuchspersonen hatten die Flaschen nach Farbe und Schattierung zu ordnen. Nichols fand, daß Männer kleinere Mengen von Rot, Grün und Gelb zu unterscheiden imstande waren als Frauen, nur bezüglich der blauen Farbe hatten die Frauen das Übergewicht. In der folgenden Tabelle entsprechen die Zahlen den Teilen an farbigem Stoff, die mit hundert Millionen Teilen von Weiß gemischt sind, damit die Mischung in ihrer Farbe gerade noch erkannt wird.

Tabelle 2.

	Rot	Gelb	Grün	Blau
Durchschnitt für 31 Männer	15,9	17,3	817,7	148,5
„ „ 23 Frauen	59,8	33,2	913,6	108,1

Man sieht, daß die Empfindlichkeit für Grün viel geringer als für die anderen Farben ist, und Nichols vermutete, daß der Grund dieser Erscheinung darin liegt, daß die Nerven durch die Betrachtung von grünem Laubwerk abgestumpft sind. Ferner behauptete er, daß der Unterschied zwischen diesen Ergebnissen und jenen, die man mittels rotierender Scheiben gefunden hat, daraus zu erklären ist, daß das Auge während der Betrachtung einer rotierenden Scheibe in einen abnormen Zustand versetzt wird. Es scheinen aber bei den Versuchen von Nichols die Vorgänge der Absorption und inneren Reflexion des Lichtes eine so große Rolle zu spielen, daß die

[1]) Nichols, American Journal of Science, Vol. XXX, 1885.

verschiedenen Mischungen einer einzelnen Farbe nicht nur in ihrer Sättigung voneinander verschieden sind, sondern auch in ihrer Farbe.[1])

II. Die Vorversuche und ihre Versuchsanordnung.

1. Die Helligkeitsvergleichungen.

Schon Leonardo da Vinci[2]) hat Rot, Blau, Grün, Gelb, Weiß und Schwarz einfache Farben genannt. Aubert[3]) hat sie als Prinzipalfarben bezeichnet und auf den Vorzug hingewiesen, daß die Worte Rot, Blau, Grün und Gelb ganz unabhängig von Hypothesen über objektive Ursachen und über den Vorgang in den Nerven und Sinnesorganen sind. In der folgenden Untersuchung waren diese vier Farben so benutzt, daß die vier Hauptempfindungen geprüft werden konnten. Nun aber haben diese vier Farben, wenn sie maximal gesättigt sind, verschiedene Helligkeiten. Da der Zweck unserer Untersuchungen war, die Reizschwelle für Farbensättigung festzustellen, machte es sich nötig, den Einfluß der Helligkeit einer Farbe zu eliminieren. Es wurden vier ganz bestimmte Hauptfarben aus der neuen Heringschen Kollektion, die der Universitäts-Mechaniker R. Rothe, Leipzig, Physiologisches Institut, Liebigstraße 16, lieferte, benutzt. Die vier Farben waren Rot Nr. 2, Gelb Nr. 4, Grün Nr. 7, Blau Nr. 10. Die hellste Farbe war Gelb, dann folgte Grün, dann Rot und die dunkelste war Blau.

Da, wie schon erwähnt, die Schwelle abhängig ist von der Farbe des Hintergrundes und auch von der Helligkeit der eingestellten grauen Scheibe, müssen diese Bedingungen genau beschrieben werden. Man würde auch eine Reizschwelle erhalten, wenn der Hintergrund und die eingestellte Scheibe, die die Farbe trägt, schwarz wären; in diesem Falle aber würde der Helligkeitskontrast mit Gelb viel größer als mit Blau sein, da Gelb viel heller ist als Blau. Oder Hintergrund und Scheibe könnten fast weiß sein; dann wäre aber der Helligkeitskontrast mit Blau viel größer als mit Gelb. Mehr allgemein gesagt heißt das: Wenn der Hintergrund ein bestimmtes Grau, Weiß oder Schwarz ist, das für alle vier Farben konstant bleibt, und die Scheibe irgendein anderes Grau, Weiß oder Schwarz ist, das auch für alle Farben konstant bleibt, dann übt der Helligkeitskontrast einen Einfluß auf die Schwelle aus. Natürlich würden die Bedingungen dieselben für alle

[1]) Die neuesten Untersuchungen sind von Rivers mittels Lovibonds Tintometer ausgeführt. Siehe Rivers, Observations on the senses of the Todas, British Journal of Psychology, 1905, S. 321—397. Die Versuche sind im Journal Anthrop. Inst., 1901, ausführlicher beschrieben. Leider konnte ich das Werk zurzeit nicht bekommen.

[2]) Leonardo da Vinci, Malerei, II. Teil, S. 254. Übersetzt von Ludwig, Wien 1882.

[3]) Aubert, Physiologie der Netzhaut, S. 186.

Beobachter sein müssen Es ist aber zweckmäßiger, diesen Einfluß auszuscheiden, wie es bei den folgenden Versuchen geschah, und vier graue Abstufungen zu finden, die dieselben Helligkeiten besitzen wie die vier Heringschen Farben Rot Nr. 2, Gelb Nr. 4, Grün Nr. 7, Blau Nr. 10.

Die Beschreibung der Versuche.

Unsere Methode bestand in einem direkten Vergleich. Ein solcher direkter Vergleich, der bei zwei verschiedenen Farben nur ihre Helligkeiten beachtet, bietet manchen Individuen nicht geringe Schwierigkeiten. Helmholtz[1]) sagt darüber: „Ich persönlich muß wiederholt erklären, daß ich mir ein Urteil über die Gleichheit von heterochromen Helligkeiten kaum zutraue, höchstens über Größer und Kleiner in extremen Fällen. Aber ich gebe zu, daß man von zwei verschiedenen farbigen Feldern das eine immer so viel verdunkeln kann, daß kein Zweifel bleibt, nun sei das andere heller.“ Diese Schwierigkeit kann bei manchen Personen durch Übung überwunden werden. Es ist auch zu erwähnen, daß der Vergleich zweier benachbarter Farben wie Grün und Grünblau, oder der Vergleich einer Farbe mit Grau, wie es hier der Fall ist, leichter ist als zweier ganz heterochromer Farben wie Rot und Blau.

Hierbei darf ein anderer wichtiger Punkt nicht übersehen werden. Es ist keineswegs bei einem Vergleich zweier Felder in bezug auf ihre Helligkeit gleichgültig, ob das eine rechts oder links, neben dem andern oder über oder unter ihm steht, ferner ob das eine das andere umschließt oder nicht, und welches Feld das umschlossene ist. Hering und Hildebrand[2]) haben ein Verfahren benutzt, bei dem die farbige Scheibe die innere war. Sie bedienten sich einer Skala grauer Papiere, auf die kleine runde Scheiben aus dem zu bestimmenden farbigen Papier aufgelegt wurden. Rood[3]) dagegen hat in einem Verfahren mit Farbkreiseln die farbige Scheibe als äußere und die graue Scheibe als innere genommen; diese graue Scheibe bestand aus zwei Sektoren, einem schwarzen und einem weißen, deren Verhältnisse verändert werden konnten. Aber es ist klar, daß die Zustände in beiden Fällen nicht dieselben sind. Bei Rood liegt das Grau gegenüber der Macula lutea, und die Farbe wird mehr oder weniger indirekt betrachtet, wenn der Beobachter die Mitte fixiert hat und seine Entfernung eine solche ist, daß das Netzhautbild weiter ausgedehnt ist als die Stelle des deutlichsten Sehens. Ferner kann die gelbe Pigmentierung der Netzhautmitte von Einfluß sein. Kurzwelliges Licht erscheint intramakular dunkler als extramakular.[4]) Natürlich muß

---

[1]) Helmholtz, Physiol. Optik, 2. Aufl., S. 440.

[2]) Siehe Brückner, Helligkeitsbestimmungen farbiger Papiere, Pflügers Archiv, Bd. 98.

[3]) Rood, Colour, 4. Edition, London 1904, S. 35.

[4]) Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie, Bd. I, S. 194.

auch die Beleuchtung der farbigen und der grauen Scheibe gleich sein. Es würde aber außerordentlich schwer sein, den Einfluß aller dieser Mitwirkungen zu berechnen. Am zweckmäßigsten wäre es, wenn man beide Verfahren benutzte und das arithmetische Mittel der Werte beider Methoden als Maß für die Helligkeit betrachtete. Die von uns angewandte Methode war daher folgende: Zuerst wurden Versuche mit Rot angestellt. Dazu wurde ein einfacher Zimmermannscher Farbkreisel mit Stativ benutzt, da uns zu dieser Zeit der neue Zimmermannsche Rotationsapparat noch nicht zur Verfügung stand. Später wurden die Ergebnisse mit dem neuen Apparat nachgeprüft, was unten beschrieben werden wird.

Beim ersten Verfahren war die innere Scheibe das Rot Nr. 2 (später wurde dasselbe Verfahren mit Blau, Grün und Gelb angewandt), und die Umgebung bestand aus einem schwarzen und einem weißen Ringe. (Abb. 1a.) Die dazu benutzte schwarze und die weiße Scheibe hatte einen radialen Ein-

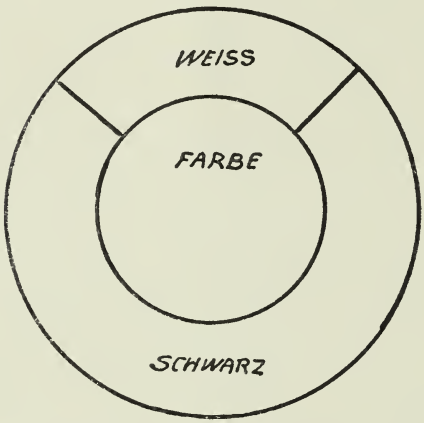


Abb. 1a. Scheibe (Farbe innen).

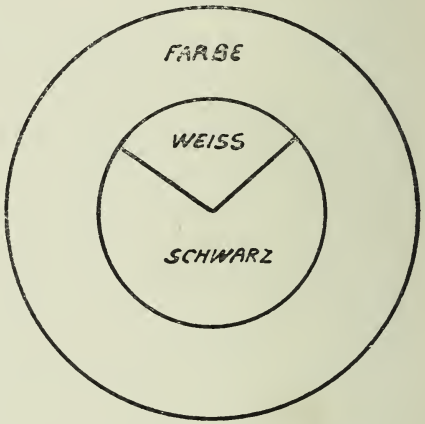


Abb. 1b. Scheibe (Farbe außen).

schnitt, der bis zur Mitte reichte, so daß man die eine Scheibe in die andere einschieben konnte. Die weiße Scheibe war aus dem zartesten Weiß und die schwarze aus dem tiefsten Schwarz der Zimmermannschen Kollektion ausgeschnitten. Beim zweiten Verfahren war der äußere Ring das Rot Nr. 2, und die veränderliche Schwarz-Weiß-Scheibe befand sich zu innerst. (Abb. 1b.) Die Radien der äußeren Scheiben waren 9 cm, und um die zu betrachtende farbige und die graue Fläche gleich groß zu haben, maßen die Radien der inneren Scheiben 9 cm dividiert durch $\sqrt{2}$, also etwa 6,4 cm. Denn wenn man unter r, r' die Radien der inneren und äußeren Scheibe versteht, sind die Flächen πr^2 und $\pi r'^2 - \pi r^2$; und wenn diese gleich sein sollen, muß $r' = \sqrt{2}r$ betragen.

Auf der anderen Seite der veränderlichen Scheiben war eine Kreisteilung angebracht, so daß die Einschiebung genau gemessen werden konnte.

Der Hintergrund war eine graue Pappe, die eine kreisrunde Öffnung

hatte, so daß die Scheiben in der Ebene des Hintergrundes rotieren konnten. Die Seitenwände, sowie der Tisch waren auch mit gleichfarbiger Pappe bedeckt, so daß keine anderen Farben oder Helligkeiten die Versuchsperson störten; eine Klappe verdeckte die Öffnung dann, wenn die Scheiben nicht in Rotation waren.

Folgende Resultate wurden erhalten:

Versuchsperson: Herr W.

Versuchszeit: 22. November 1909; 12—1^h; für Blau und Rot.

Tabelle 3.

Blau innen:

Weißer Sektor	40°	43°	45°	47°	49°	51°	53°	55°	57°	60°
→	*d*	*d*	*d*	*d*	*d*	*?*	*g*	*g*	*h*	*h*
←	*d*	*d*	*d*	*d*	*d*	*g*	*?*	*?*	*h*	*h*

d bedeutet, daß die graue Scheibe dunkler als die blaue erscheint,
h „ „ „ „ „ heller „ „ „ „
g „ „ „ „ „ gleich dunkel wie die blaue erscheint.
? „ unentschieden.

Also 53° Weiß + 307° Schwarz entspricht nach diesem Verfahren der Helligkeit des Blau.

Blau außen:

Weißer Sektor	50°	53°	55°	57°	59°	61°	63°	65°	67°	70°
→	*d*	*d*	*d*	*d*	*h*	*g*	*g*	*h*	*h*	*h*
←	*d*	*d*	*d*	*d*	*g*	*?*	*h*	*?*	*h*	*h*

62° Weiß + 298° Schwarz entspricht der Helligkeit des Blau; und der Durchschnitt aus beiden Werten beträgt 57,5° für Weiß.

In derselben Weise wurden Versuche mit Rot, Grün und Gelb gemacht, und die erhaltenen Werte sind:

Rot innen:	Rot außen:
71° Weiß	92° Weiß

Durchschnittswert = 81,5° Weiß.

Versuchszeit: 25. November 1909; 10.30—11.30^h vorm.; für Grün und Gelb.

Grün innen:	Grün außen:
141° Weiß	154° Weiß

Durchschnittswert = 147,5° Weiß.

Gelb innen:	Gelb außen:
190° Weiß	200° Weiß

Durchschnittswert = 195° Weiß.

Versuchsperson: Herr R.

Versuchszeit: 3. Januar 1910; 11.30—12.30^h vorm.; für Rot und Blau.

Blau innen:	Blau außen:
59° Weiß	64° Weiß

Durchschnittswert = 61,5° Weiß.

Rot innen:	Rot außen:
76° Weiß	92° Weiß

Durchschnittswert = 84° Weiß.

Versuchszeit: 5. Januar 1910; 10—11^h; für Grün und Gelb.

Grün innen:	Grün außen:
147° Weiß	163° Weiß

Durchschnittswert = 155° Weiß.

Gelb innen:	Gelb außen:
188° Weiß	198° Weiß

Durchschnittswert = 193° Weiß.

Es waren bis zur optimalen Einübung der zwei Versuchspersonen ziemlich viel Vorversuche notwendig.

Auf Grund dieser Versuche entspricht

dem Blau etwa 60° Weiß
„ Rot „ 83° „
„ Grün „ 151° „
„ Gelb „ 194° „

Nun wurden Schwarz-Weiß-Scheiben, deren Sektoren in diesen Verhältnissen standen, mit grauen Papieren von der Zimmermannschen Helligkeitsskala verglichen. Dabei war wieder einmal die graue Scheibe und dann die Schwarz-Weiß-Scheibe innen. Es wurden folgende Werte gefunden:

60° W + 300° S stimmte mit Grau Nr. 16 überein (Blau).
83° W + 277° S „ „ „ Nr. 8 „ (Rot).
151° W + 209° S „ „ „ Nr. 6 „ (Grün).
194° W + 166° S „ „ „ Nr. 3 „ (Gelb).

(W — Weiß; S — Schwarz.)

Diese Resultate wurden im September 1910 mit dem neuen Rotationsapparat nachgeprüft. Die Vp. war ein 14 jähriger Knabe und die angewandte Methode folgende: Zuerst befand sich die farbige Scheibe innen, und die Schwarz-Weiß-Scheibe war deutlich dunkler. Durch kontinuierliches Drehen wurde sie allmählich heller gemacht, und die Vp. sollte sofort sagen, wenn die graue Scheibe heller erschien. Dann wurde die Schwarz-Weiß-Scheibe deutlich heller eingestellt und durch kontinuierliches Drehen allmählich dunkler gemacht. Die Vp. sollte wieder sofort sagen, wenn die graue Scheibe dunkler als die farbige Scheibe erschien. Dann wurde dasselbe Verfahren mit der farbigen Scheibe außen angewandt. Die Resultate gestalten sich folgendermaßen:

Versuchszeit: 1. September 1910; 11.30^h.

Rot innen:

Von 45° Weiß auf: 87°; 70°, 75°, 69°, 63°; heller; Durchschnitt 73°.
Von 100° Weiß auf: 72°, 78°, 75°, 81°, 78°; dunkler; „ 77°.
Durchschnitt von beiden = 75° Weiß.

Rot außen:

Von 45° Weiß auf: 81°, 84°, 96°, 87°, 90°; heller; Durchschnitt 87,6°.
Von 100° Weiß auf: 87°, 84°, 84°, 84°, 90°; dunkler; „ 85,8°.
Durchschnitt von beiden = 86,7° Weiß.

$\frac{75° + 86{,}7°}{2}$ oder 81° Weiß entspricht der Helligkeit des Rot.

Versuchszeit: 3. September; 2h.

Blau innen:

Von 35° auf: 50°, 57°, 60°, 63°, 60°; heller; Durchschnitt 58°.
Von 90° auf: 42°, 45°, 48°, 49°, 51°; dunkler; „ 47°.
Durchschnitt von beiden = 52,5°.

Blau außen:

Von 35° auf: 73°, 75°, 72°, 81°, 86°, 83°; heller; Durchschnitt 78°.
Von 90° auf: 60°, 69°, 63°, 70°, 72°, 75°; dunkler; „ 68°.
Durchschnitt von beiden = 73°.

62,5° Weiß entspricht dem Blau.

Versuchszeit: 4. September; 9h.

Grün innen:

Von 100° auf: 175°, 171°, 160°, 168°, 172°, 160°; heller; Durchschnitt 167,6°.
Von 200° auf: 141°, 147°, 144°, 147°, 147°, 155°, 140°; dunkler; „ 146°.
Durchschnitt von beiden = 157°.

Grün außen:

Von 100° auf: 171°, 186°, 175°, 186°, 180°; heller; Durchschnitt 175,6°.
Von 200° auf: 172°, 167°, 166°, 160°, 168°; dunkler; „ 166,6.
Durchschnitt von beiden = 171°.

164° Weiß entspricht dem Grün.

Versuchszeit: 4. September; 9.20h.

Gelb innen:

Von 120° auf: 201°, 204°, 203°, 199°, 183°, 201°; heller; Durchschnitt 198,5°.
Von 225° auf: 183°, 183°, 186°, 182°, 171°, 166°, 175°; dunkler; „ 176,6°.
Durchschnitt von beiden = 187,5°.

Gelb außen:

Von 120° auf: 207°, 195°, 212°, 196°, 195°; heller; Durchschnitt 201°.
Von 225° auf: 207°, 185°, 189°, 168°, 179°; dunkler; „ 185,6°.
Durchschnitt von beiden = 193,5°.

190,5° Weiß entspricht dem Gelb.

Aus diesen, sowie aus den mit Erwachsenen erhaltenen Resultaten geht sehr deutlich hervor, daß, wenn bei Benutzung des einfachen Farbkreisels die farbige Scheibe die innere ist, ein kleinerer weißer Sektor genügt, um die veränderliche graue Scheibe gleich hell zu bekommen, als wenn die farbige Scheibe die äußere ist. Diese Tatsache aber erforderte eine weitere Untersuchung.

2. Vorversuche mit einem einfachen Farbkreisel.

Die folgenden Versuche wurden im Wintersemester 1909—1910 mittels eines Zimmermannschen Farbkreisels mit Stativ angestellt. Der Hintergrund, die Seitenwände und der Tisch zeigten ein Grau von derselben Helligkeit wie die untersuchte Farbe, also bei Rot—Grau Nr. 8, bei Blau—Grau Nr. 16, bei Grün—Grau Nr. 6 und bei Gelb—Grau Nr. 3. Es wurden verschiedene Verfahren durchprobiert. Beim ersten Verfahren waren die Radien der farbigen Scheiben kleiner als die der grauen Scheiben.

Radien der farbigen Scheiben = 6,4 cm,
„ „ grauen „ = 9 „

Die Radien verhielten sich also wie $1 : \sqrt{2}$, so daß der Inhalt der farbigen gleich dem der grauen Flächen war. (Abb. 2.)

Das Verfahren war unwissentlich; d. h. die Vp. wußte nicht, welche Farbe dargeboten wird. Wenn Versuche mit einer bestimmten Farbe, etwa Rot, gemacht wurden, wurde manchmal die rote Scheibe weggenommen und eine andere, etwa eine blaue eingestellt. Auf diese Weise sollten die Antworten kontrolliert werden. Nach diesem Verfahren liegt bei Erwachsenen die Schwelle für Rot etwa bei 2° (nach den Ergebnissen von drei Erwachsenen). Aber es soll erwähnt werden, daß die Urteile durch die Kontrastfarbe beeinflußt waren. Wenn die innere Scheibe rötlich aussah, wurde nämlich am Rande ein grünlicher Ring gesehen. (Die Kontrastfarbe war auch bei den drei anderen Farben vorhanden.) Es ist aber klar, daß bei dem Vorhandensein der Kontrastfarbe die Schwellenwerte geringer sind, als es sonst der Fall sein würde. Das kommt dadurch zustande, daß erstens das Rot selbst wegen des Kontrastes verstärkt ist, so daß die Vp. eine kleinere Menge von Rot wahrnehmen kann, als wenn kein Kontrast vorhanden; und zweitens beeinflußt das Vorhandensein des Grüns die Urteile des Beobachters, besonders wenn er schon gelernt hat, daß die Kontrastfarbe von Rot Grün ist.

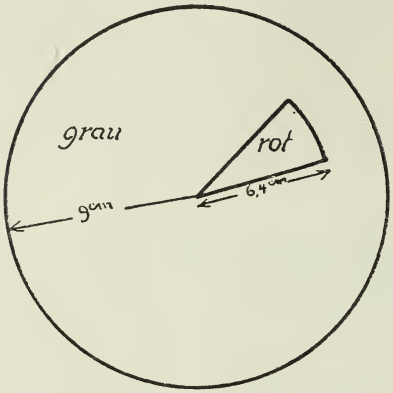


Abb. 2. Scheibe (Größenverhältnisse der Radien).

Um diese Schwierigkeit zu überwinden, wurde ein zweites Verfahren angewendet. Die graue und die farbige Scheibe waren gleich groß; der Radius betrug 9 cm. Der Hintergrund hatte eine Öffnung, die nur groß genug war, um die Scheibe in der Ebene des Hintergrundes ohne Berührung rotieren zu lassen. Der Zwischenraum zwischen der rotierenden Scheibe und dem Hintergrund sah dunkelgrau aus. Hinter der Pappe des Hintergrundes war ein grauer Rahmen aufgestellt, so daß die Vp. nicht durch irgendeine andere Farbe gestört wurde. Nach jeder Darbietung war es nötig, den Farbkreisel zurückzuziehen, um die Einstellung zu ändern. Um das leicht zu ermöglichen, war der Rahmen geteilt, so daß eine Hälfte nach links und die andere nach rechts entfernt werden konnte. (Abb. 3.)

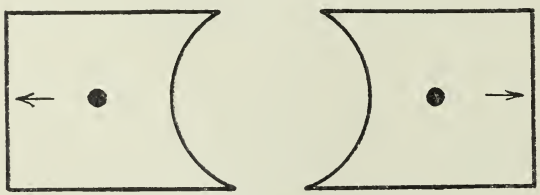


Abb. 3. Zerlegbarer Rahmen.

Bei diesem Verfahren machte sich keine Kontrastfarbe bemerkbar, und infolgedessen waren die Schwellenwerte viel größer, etwa 4° oder 5°, während sie bei dem ersten Verfahren nur 2° betrugen; dabei waren diese Versuchspersonen jetzt noch besser eingeübt. Nun wurden andere Versuchspersonen genommen, und diese zeigten große individuelle Unterschiede. In einem aufsteigenden Verfahren, bei dem 1°, 2°, 3° ... Rot dargeboten wurden, wurde bei zwei Beobachtern ein sicheres Rot-Urteil erst bei etwa 20° Rot gegeben. Bevor es auftrat, wurden Urteile wie rötlichblau, blaupurpur, ganz hellviolett, usw. gegeben. Es ist interessant, aus den erhaltenen Urteilen zu sehen, welche Übergänge eine Farbe nimmt, wenn die Sättigung allmählich steigt. Es zeigte sich, daß bei Rot, bevor die Schwelle erreicht wurde, manchmal Gelb oder Blau, Gelbrot, Violett, Rosa, aber nie Grün vorkam; bei Blau kam Grün, Rot, Blaugrün, Violett, aber nie Gelb vor; bei Grün wurde Blau, Blaugrün, Gelbgrün, aber nie Rot beobachtet, und bei Gelb Rot, Grün, Gelbrot, Gelbgrün, aber nie Blau.

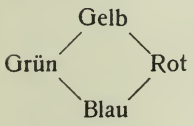


Abb. 4.

Das beigefügte Schema mag die Gesetzmäßigkeit dieser Erscheinung versinnlichen helfen (Abb. 4).

Eine Farbe kann also mit einer benachbarten, aber nicht mit der komplementären Farbe verwechselt werden.

Dieses Verfahren wurde auch mit einigen Kindern durchgeführt, aber die Resultate zeigten große individuelle Unterschiede. So lag die Schwelle für Rot bei einem 7jährigen Mädchen etwa bei 6°, bei einem anderen bei 14°. Mit Grün und Gelb wurde die Schwelle bei manchen Kindern erst erreicht, als etwa 30° dargeboten waren. Dieses Verfahren ist daher kaum mit Kindern anzuwenden; da es viel Zeit in Anspruch nimmt, wird es ihnen bald langweilig. Es ist ausgeschlossen, einem Kinde etwa 5°, 6°, 7° ... bis 30° Gelb darzubieten, und jeden Reiz etwa zehnmal zu wiederholen. Um das Verfahren leichter zu machen, wurde die Unwissenheit des Kindes vermindert, und zwar wurde ihm im voraus mitgeteilt, daß es eine bestimmte Farbe (etwa Rot) oder Grau sehen würde. Es sollte urteilen, ob es viel Rot, wenig Rot, ganz wenig Rot oder Grau ist. Mit anderen Worten: das Verfahren war jetzt mehr wissentlich als vorher, und infolgedessen wurden die Schwellenwerte geringer. Über dieses Verfahren und seine Berechtigung wird später genauer berichtet werden, da es bei allen Kindern in den Hauptversuchen angewendet wurde.

III. Die Hauptversuche.

1. Die Beschreibung des Apparates und der Versuchsanordnung.

Zu den Hauptversuchen wurde der neue Rotationsapparat nach Zimmermann benutzt. (Abb. 5.) Dieser Apparat verfolgt den gleichen Zweck wie der bekannte Marbesche Rotationsapparat: Verstellung des Sektorenverhältnisses

zweier nach Maxwell ineinandergeschobener Farbscheiben während der Rotation. Er unterscheidet sich aber von diesem wesentlich dadurch, daß bei ihm weder Schnur noch Leitrollen, sondern nach dem Vorgange von Lummer-Brodhun eine mit Spiralnuten versehene Achse a verwendet worden ist, die sich in einem Mantelrohre N mittels Stellschraube R vor- und zurückbewegen läßt. Da hierbei Führungsstifte in die Nuten eingreifen, erfolgt durch das Vor- bzw. Zurückbewegen eine Drehung gegen die mit dem Antriebsschnurlaufe versehene Welle W. Eine der Farbscheiben ist mit dieser Welle W, die zweite mit dem Nutenstück N verbunden. Eine ganze Umdrehung des letzteren wird durch eine Vorbewegung des Mantelrohres um 72 mm bewirkt. Das Sektorenverhältnis verschiebt sich also für jeden ganzen Millimeter um 5 Grad. Da der Kopf der Schraube R in 10 Intervallen Teilungsmarken trägt, kann eine Einstellung des Sektorenverhältnisses bis auf $^1/_2$ Grad während der Rotation erfolgen und an der Skala S abgelesen werden. Zwecks Selbsteinstellung kann die Schraube R durch einen Schnurlauf, sowie Rolleneinrichtung $R^1 — R^2$ bewegt werden.

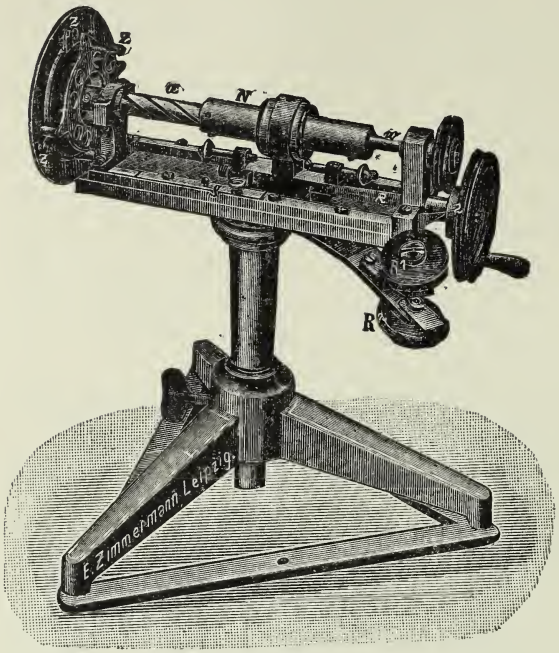


Abb. 5. Rotationsapparat nach Zimmermann.

Der Apparat wurde durch einen $^1/_6$ PS-Motor (Siemens-Schuckert, 220 Volt, 1900 Umdrehungen) in Betrieb gesetzt. Der Rotationsapparat stand auf Filz auf einem massiven Tische und wurde durch Schrauben festgehalten. Der Filz wurde untergelegt, um den Apparat so leise wie möglich rotieren zu lassen. Der Tisch mußte möglichst massiv und der Apparat ganz fest geschraubt sein, da sonst wegen der großen Geschwindigkeit eine Erschütterung stattgefunden hätte.

Die Vp. saß auf einem Stuhle vor dem Schacht EFGBAH, der auf dem Tische T stand. Die Entfernung von der rotierenden Scheibe betrug 75 bis 80 cm. Der Schacht bestand aus den drei Rahmen ABCD, ADEH und BGFC (Abb. 6), die durch Klammern und Schrauben zusammengehalten wurden.

$$ED = HA = CF = BG = 72 \text{ cm},$$

$HE = AD = BC = FG = 78$ cm,
$AB = DC = EF = 75$ cm.

An diese Rahmen wurden Pappen angeheftet; auch der Tisch war mit einer Pappe EDCF bedeckt. Da die vier Farben Rot, Blau, Grün und Gelb benutzt wurden, war es nötig, verschiedene Aufsätze zu bauen. Die Pappen für Rot waren mit dem Grau, das zu Rot gehörte, beklebt; auf der andern Seite war der Einfachheit halber das Grau, das dieselbe Helligkeit wie das Gelb hatte, so daß, wenn die Wände umgekehrt wurden, sie für Gelb zu gebrauchen waren. Ebenso war es mit dem zweiten Aufsatz, das Grau der einen Seite gehörte zu Grün, das der anderen Seite zu Blau.

Die Scheibe S rotierte in der Ebene des Hintergrundes ABCD. Die Öffnung des Hintergrundes war nur so groß, daß die Scheibe ohne Berührung darin rotieren

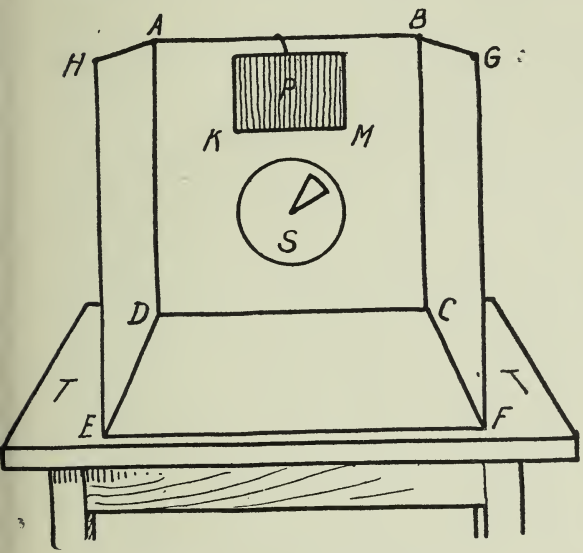


Abb. 6. Versuchsanordnung.

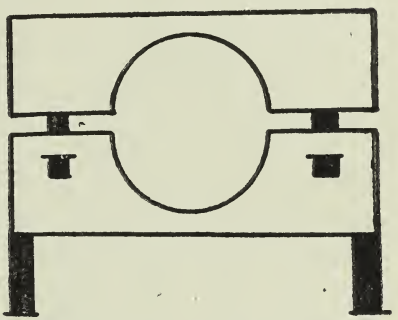


Abb. 7. Rahmen (verhindert das Durchblicken zwischen Scheibe u. Hintergrund).

konnte. Damit die Vp. durch den engen Zwischenraum, der rings um die Scheibe war, keine störende Farbe sehen konnte, war ein grauer Rahmen gebaut, wie ihn die Abb. 7 darstellt, der hinter der rotierenden Scheibe stand. P (Abb. 6) ist eine Klappe, die durch eine Schnur um die Achse KM gedreht werden konnte. Es wurden vier solcher Klappen entsprechend den vier angewandten Grau-Abstufungen benutzt. Die Klappe hatte den Zweck, die Vp. zu hindern, die Scheibe dann zu sehen, wenn sie nicht in Rotation war. Daß die Klappe sich in derselben Ebene wie der Reiz befand, ist selbstverständlich.

2. Die Beschreibung der angewandten psycho-physischen Methoden.

Ein nicht empfehlenswertes Verfahren ist die Methode der Selbstherstellung, bei der die Vp. selbst die farbige Scheibe während der Rotation ändern kann, weil man dabei die Geschwindigkeit, mit der die

Scheibe geändert wird, die Zeit der Veränderung und die extremen Reize, die von größtem Einflusse auf den Schwellenwert sind, nicht zu beobachten vermag. Dieses Verfahren ist viel zu unmethodisch, willkürlich und bei jedem Versuche dem Zufall unterworfen, als daß man von ihm exakte Ergebnisse erwarten könnte.

Drei Methoden wurden von uns benutzt. Sie sollen kurz als Methode A, Methode B und Methode C bezeichnet werden.

Methode A. Diese Methode ist eine Grenzmethode. Angenommen, es sollte die Schwelle für Rot gesucht werden. Dann wurde zuerst ein als deutliches Rot wahrgenommener Reiz dem Kinde dargeboten. Durch kontinuierliches Drehen wurde das Rot allmählich geschwächt, bis das Urteil „grau" erfolgte. Dann wurde ein als Grau wahrgenommener Reiz allmählich verstärkt, bis das Urteil „rot" erfolgte. Das arithmetische Mittel aus beiden ist ein Maß für die Schwelle. Es sei bemerkt, daß mit einem einfachen Farbkreisel diese Methode nicht angewendet werden kann, da sich hier die Scheibe nicht kontinuierlich verändern läßt. Zunächst sei ein Versuch nach dieser Methode beschrieben. Das Kind saß auf einem Stuhl etwa 80 cm von der Scheibe entfernt, und die Anordnung war fertig, um die Schwelle für Rot zu suchen. Die Klappe deckte die Scheibe, so daß dem Kind nur ein Grau von derselben Helligkeit wie die des Rot sichtbar war. Nun war etwa 20° Rot auf der Scheibe eingestellt; es wurde der Apparat durch den Motor in Betrieb gesetzt, die Klappe durch die Schnur in die Höhe gehoben, das Wort „jetzt" ausgerufen, und das Kind sagte „rot". Während der Rotation wurde nun das Rot durch langsames Drehen (etwa eine Drehung in fünf Sekunden) allmählich geschwächt; das Kind beobachtete die Scheibe, bis es kein Rot mehr sah. Dann sollte es sofort „grau" oder „kein Rot" antworten. Die Klappe fiel sogleich hinunter, und der Motor wurde angehalten. Die Grade Rot, die dem Grau beigemischt waren, als das Kind Grau sagte, wurden notiert. Darauf wurde bloß etwa 1° Rot eingestellt, der Apparat wieder in Betrieb gesetzt, die Klappe wieder gehoben, das Wort „jetzt" gerufen, und das Kind antwortete „grau"; nun wurde durch langsames Drehen das Rot verstärkt und das Kind aufgefordert, „rot" sofort zu antworten, wenn es eine Spur von Rot bemerkte. Wieder fiel die Klappe hinunter, der Motor stand, und die Zahl der Grade von Rot, als das Kind antwortete „rot", wurden notiert. Dieses Verfahren wiederholte man zwei- oder dreimal, um das Kind einzuüben. Erst als das Kind eingeübt war, konnte man einen ordentlichen Versuch machen. Das absteigende und das aufsteigende Verfahren wurde mehrere Male wiederholt. Wenn 10 Werte für die Abstiegsschwelle (S_1) und 10 Werte für die Aufstiegsschwelle (S_2) erhalten waren, wurde der Durchschnittswert von S_1 und S_2 ausgerechnet und daraus die Schwelle S für Rot angegeben.

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}.$$

In jeder Reihe von Versuchen kam ein Kontrollversuch vor; d. h. der rote Sektor wurde einmal nicht kontinuierlich geschwächt und ein anderes Mal nicht regelmäßig verstärkt, sondern die Richtung sowie die Geschwindigkeit des Drehens plötzlich geändert. Wenn das Urteil des Kindes ungefähr dasselbe wie gewöhnlich war, mußte man schließen, daß das Kind entweder den Versuch nicht verstanden oder nicht gewissenhaft geantwortet hatte; das aber kam selten vor.

Wenn die erhaltenen Schwellenwerte beim Wiederholen der Reihen bedeutend geringer sind, kann man den Einfluß der Übung feststellen; sind sie aber bedeutend größer, dann ist der Einfluß der Ermüdung vorhanden, vorausgesetzt, daß alle anderen Bedingungen konstant blieben.

Es ist zweckmäßig, daß die Stufe von Graden von dem farbigen Anfangspunkt bis zur Abstiegsschwelle ungefähr so groß wie die Stufe von dem grauen Anfangspunkt bis zur Aufstiegsschwelle ist, oder was fast dasselbe sagt, daß die Größe des farbigen Anfangspunktes in Graden minus S ungefähr gleich S minus der Größe des grauen Anfangspunktes. Wenn der farbige und graue Anfangspunkt 15° bez. 1° ist, sollte die Schwelle etwa bei 8° liegen.

Methode B. Die zweite Methode war auch eine Grenzmethode. Während aber bei Methode A die dargebotenen Reize kontinuierlich verändert wurden, oder mit anderen Worten, die Änderungen theoretisch infinitesimal waren, wurden bei Methode B die Reize intermittierend dargeboten. Die Änderungen betrugen immer 1°. Das Verfahren war folgendes:

Tabelle 4.

4°	5°	6°	7°	8°	
					←
					→
					←
					→
					←
					→
					←
					→
					←
					→

Wenn die Schwelle für Rot nach Methode A ungefähr bei 6° lag, wurde eine Tabelle gemacht wie Tabelle 4. Sie besteht aus fünf Reihen und 6° entspricht der mittleren Reihe. Dem Kinde war gesagt, daß es gut aufpassen sollte, vielleicht könnte es viel Rot, wenig Rot, ganz wenig Rot oder gar kein Rot, also bloß Grau sehen. Wenn das Kind durch ein paar Einübungsversuche über den Gang des Versuchs unterrichtet war, wurden 8° Rot eingestellt, der Apparat in Betrieb gesetzt, die Klappe gehoben, das Wort „Jetzt“ gerufen, und das Kind sollte über die Farbe des dargebotenen Reizes urteilen. Das Urteil wurde unter 8° in der Tabelle mit des Kindes eigenen Worten notiert, nachdem die Klappe hinunter-

gefallen und der Motor angehalten war. Dann wurden 7° Rot eingestellt, wieder dasselbe Verfahren befolgt und das Urteil unter 7° notiert.

Dann wurden 6°, 5° und 4° dargeboten. Daran schloß sich ein aufsteigendes Verfahren; also 4°, 5°, 6°, 7°, 8° wurden wie vorher intermittierend dargeboten. Es wurde mit beiden Verfahren solange gewechselt, bis jeder Reiz 10 mal dargeboten war. Die Urteile, die 8° Rot entsprechen, mögen als Rot-Urteile gelten, und die Urteile auf der anderen Seite der Tabelle, die 4° Rot entsprechen, mögen Grau-Urteile genannt sein. Wenn das nicht der Fall war, wurde eine andere Gradzahl, etwa 5° oder 7° als mittlerer Reiz statt 6° probiert. Manchmal war es gar nötig, (wenn das Kind sehr jung war) eine größere Strecke als von 4° bis 8° zu benutzen, um alle Rot-Urteile auf die eine Seite und alle Grau-Urteile auf die andere Seite zu bekommen. Also statt fünf Reihen machten sich sechs, sieben, acht oder neun Reihen notwendig.

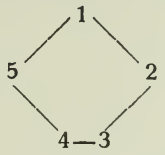
Wenn für einen Reiz die Urteile ebenso oft Rot-Urteile wie Grau-Urteile waren, also 5 Rot- und 5 Grau-Urteile, wurden die Grade von Rot, die diesem Reiz entsprachen, für den Schwellenwert gehalten. Genauere Angaben über diesen Punkt werden unter der dritten Methode gegeben. Es sei auch bemerkt, daß das Kind nicht gezwungen war, viel Rot, wenig Rot, ganz wenig Rot usw. zu antworten, sondern diese Worte waren ihm nur als Instruktion für den Versuch gegeben, damit es gewisse leitende Vorstellungen über den Gang des Versuches besaß. Es war aber dem Kinde selbst überlassen, seine eigenen Worte zu benutzen, da es viel treffender ist, wenn die Urteile des Kindes mit seinen Worten ausgedrückt werden, als wenn sie durch Zwang bedingt sind. Es war ihm auch Gelegenheit gegeben, wenn es „grau" antwortete, zu sagen, ob das Grau dasselbe wie der Hintergrund oder heller oder dunkler war.

Methode C ist eine Konstanzmethode. Eine Reihe von Reizen, die während der Darbietung konstant blieben, wie in Methode B, wurde intermittierend dargeboten. Die Instruktion des V.-Leiters war dieselbe wie in Methode B. In Methode C aber war das Verfahren nicht ein abwechselnd absteigendes und aufsteigendes, sondern die Reize folgten nach einem der Vp. unbekannten bestimmten Plane, so daß die Vp. keine Ahnung über die Richtung der Reizänderungen haben konnte.

Tabelle 5.

4°	5°	6°	7°	8°
/1	/3	/5	/2	/4
/2	/4	/1	/3	/5
/3	/5	/2	/4	/1
/4	/1	/3	/5	/2
/5	/2	/4	/1	/3
/1	/3	/5	/2	/4
/2	/4	/1	/3	/5
/3	/5	/2	/4	/1
/4	/1	/3	/5	/2
/5	/2	/4	/1	/3

Die Tabelle 5 war folgendermaßen gebaut. Wenn die Schwelle für Rot nach Methode A oder Methode B ungefähr bei 6° lag, wurde 6° als mittlerer Reiz in der Tabelle genommen. Die Tabelle bestand gewöhnlich aus fünf Reihen, wie in Methode B. Jeder Reiz wurde zehnmal wiederholt. Die Anordnung, nach der die verschiedenen Reize einander folgten, war dieselbe für jede Vp. und ein für allemal nach folgendem Plan gebaut:



Die Ziffern 1, 2, 3, 4, 5 sind der Reihe nach auf einem Kreise angeordnet. Wenn man mit der Ziffer 1 anfängt und jedesmal eine Ziffer überspringt, ergeben sich folgende Reihen:

Tabelle 6.

1,	3,	5,	2,	4
2,	4,	1,	3,	5
3,	5,	2,	4,	1
4,	1,	3,	5,	2
5,	2,	4,	1,	3

Diese Reihen wurden in die Tabelle übertragen. Dann war es leicht zu sehen, wie die Reize einander folgen sollten. Zuerst wurde 4° Rot dargeboten, dann 7°, dann 5°, dann 8°, dann 6°, dann 6° usw. Die zweite Hälfte der Tabelle war genau wie die erste gebaut, so daß die Wirkung der Übung und der Ermüdung, wenn eine solche vorhanden war, untersucht werden konnte. Man sieht, daß ein Reiz, etwa 5°, zweimal unmittelbar nacheinander wiederholt wurde, nämlich in der 4. Reihe und in der 9. Reihe der Tabelle. Dieselbe unmittelbare Aufeinanderfolge betraf alle Reize außer 4°, der nur einmal wiederholt wurde. Das war absichtlich gemacht, um festzustellen, ob der Reiz das zweite Mal im Durchschnitt genau wie das erste Mal beurteilt wurde, oder ob beim zweiten Male als rötlicher oder grauer.

Die Behandlung der Resultate.

Es erhebt sich nun zunächst die Frage, auf welche Weise man aus den erhaltenen Tabellen der Versuchsergebnisse die Schwellenwerte und die Streuung der Urteile berechnen soll.

Als Beispiel ist die folgende Tabelle genommen:

	4°	5°	6°	7°	8°
Grau-Urteile .	10	8	4	1	0
Rot-Urteile . .	0	2	6	9	10

Ein flüchtiger Überblick genügt, zu zeigen, daß die Schwelle (d. h. der Punkt, wo die Grau-Urteile und die Rot-Urteile gleich fünf sind) nicht weit von 6° liegt.

Ein genauerer Wert aber wird durch eine Formel erhalten, die von Spearman[1]) entwickelt ist, nämlich

$$S = \frac{1}{2}(D_{S+1} + D_S) - \frac{i \Sigma g}{n},$$

wo S die Schwelle, D_{S+1} der geringste Reiz, der keine Urteile grau oder unbestimmt enthält, i der Abstand zwischen den Reizen (hier 1°), Σg die Zahl der Rot-Urteile für alle Reize, die kleiner als D_{S+1}, und n die Zahl der Urteile für jeden Reiz (hier 10) ist. Also bei Einführung unserer Werte:

$$S = \frac{1}{2}(8 + 7) - \frac{1\,(2 + 6 + 9)}{10}$$

$$= \frac{15}{2} - \frac{17}{10}$$

oder $S = 5{,}8°$.

Wie kann man nun die mittlere Variation oder die Streuung der Zahlen ausrechnen? Es kann vorkommen, daß die Streuung nach der Seite Grau ganz verschieden von der nach der Seite Rot ist. Es muß nun eine Methode geben, um die Abweichungen nach oben und nach unten rasch auszurechnen. Das benutzte Verfahren ist im folgenden symbolisch erläutert.

Angenommen, daß eine Tabelle wie die folgende erhalten war:

Tabelle 7.

	p^0	$(p+1)^0$	$(p+2)^0$	:	$(p+r)^0$	:	$(p+n-1)^0$	$(p+n)^0$
Grau-Urteile	x	$x - a_1$	$x - a_2$	:	$x - a_r$	:	$x - a_{n-1}$	0
Rot-Urteile	0	a_1	a_2	:	a_r	:	a_{n-1}	x

Dann wurde zunächst die Schwelle S durch die Spearmansche Formel gefunden. Wir nehmen an

S liege zwischen $(p+r)^0$ und $(p+r+1)^0$,

Θ_1 = mittlere Variation gegen die graue Seite,

Θ_2 = „ „ „ „ rote „

Es sind nun alle Rot-Urteile als Abweichungen von S nach links hin zu betrachten, alle Grau-Urteile als solche nach rechts von S.

Also die a_1 Urteile haben eine Abweichung von $S^0 - (p+1)^0$

a_2 „ „ „ „ „ $S^0 - (p+2)^0$

. . . . . .

a_r „ „ „ „ „ $S^0 - (p+r)^0$.

Im ganzen sind hier rx Urteile betrachtet. Daher ist

$$rx\,\Theta_1 = a_1(S - p - 1) + a_2(S - p - 2) + \ldots + a_r(S - p - r)$$

oder $$\Theta_1 = \frac{(S-p)(a_1 + a_2 + \ldots + a_r) - (a_1 + 2a_2 + 3a_3 + \ldots + ra_r)}{rx}$$

[1]) C. Spearman, The Method of Right and Wrong cases (constant Stimuli) without Gauss's formulae, British Journal of Psychology, Jan. 1908.

$$\text{oder} \qquad \Theta_1 = \frac{(S-p)\sum_1^r a_r - \sum_1^r r a_r}{rx} \qquad (1)$$

In ähnlicher Weise ist Θ_2 berechnet:

Die $x - a_{r+1}$ Urteile haben eine Abweichung $(p+r+1-S)^0$
$x - a_{r+2}$ „ „ „ „ $(p+r+2-S)^0$
. . . . . .
$x - a_{n-1}$ „ „ „ „ $(p+n-1-S)^0$.

Im ganzen sind hier $(n-r-1)$ x Urteile zu berücksichtigen, also wird Θ_2 durch die folgende Formel gegeben:

$$(n-r-1)x\,\Theta_2 = (x-a_{r+1})(p+r+1-S) + (x-a_{r+2})(p+r+2-S) + \ldots + (x-a_{n-1})(p+n-1-S).$$

Oder wenn

$$x - a_{n-1} = b_1$$
$$x - a_{n-2} = b_2$$
$$\ldots\ldots$$
$$x - a_{r+1} = b_{n-r-1}$$

ist, wird

$$(n-r-1)x\,\Theta_2 = b_1(p+n-1-S) + b_2(p+n-2-S) + \ldots + b_{n-r-1}(p+n-n-r-1-S)$$
$$= (p+n-S)(b_1+b_2+\ldots+b_{n-r-1}) - [b_1+2b_2+\ldots+(n-r-1)b_{n-r-1}]$$

$$\text{oder} \quad \Theta_2 = \frac{(p+n-S)\sum_1^{n-r-1} b_{n-r-1} - \sum_1^{n-r-1}(n-r-1)b_{n-r-1}}{(n-r-1)x} \qquad (2)$$

Endlich kann man eine mittlere Variation ausrechnen, ohne Rücksicht zu nehmen, ob die Abweichungen nach oben oder nach unten gehen, d. h. es wird ein Maß für die durchschnittliche Abweichung eines Urteils bestimmt, da hier alle Urteile berücksichtigt sind (natürlich außer den Urteilen in der ersten und letzten Reihe, die hier keine Rolle spielen). Wenn also diese durchschnittliche mittlere Abweichung durch Θ bezeichnet ist, wird

$$(n-1)x\,\Theta = a_1(S-p-1) + a_2(S-p-2) + \ldots + a_r(S-p-r) + (x-a_{r+1})(p+r+1-S) + (x-a_{r+2})(p+r+2-S) + \ldots + (x-a_{n-1})(p+n-1-S) \qquad (3)$$

Oder

$$(n-1)x\Theta = (S-p)[a_1+a_2+\ldots+a_r+a_{r+1}+a_{r+2}+\ldots+a_{n-1}] - [a_1+2a_2+\ldots+ra_r+(r+1)a_{r+1}+(r+2)a_{r+2}+\ldots+(n-1)a_{n-1}] + x(p+r-S)(n-r-1) + x(1+2+3+\ldots+n-r-1).$$

$$(n-1)x\,\Theta = (S-p)\sum_1^{n-1} a_{n-1} - \sum_1^{n-1}(n-1)a_{n-1} + x(n-r-1)\left[p+r-S+\frac{n-r}{2}\right]$$

und

$$\Theta = \frac{(S-p)\sum_{1}^{n-1} a_{n-1} - \sum_{1}^{n-1}(n-1)a_{n-1} + x(n-r-1)[p-S+\frac{1}{2}(r+n)]}{(n-1)x} \qquad (4)$$

Anmerkung. Da in unseren Versuchen gewöhnlich nur fünf Reihen vorkommen, würde es kaum zweckmäßig sein, Θ_1 und Θ_2 auszurechnen. Daher sind die gegebenen Abweichungen in den Tabellen Θ-Werte, die nach Formel (3) leicht auszurechnen sind.

3. Die Prüfung der Methoden.

Zunächst wurden die Methoden mit vier Kindern von 5, 7, 9 und 12 Jahren geprüft, um festzustellen, ob die Schwellenwerte nach allen Methoden annähernd gleich sind, ob die erforderliche Zeit bei einer Methode für junge Kinder zu lang ist, ob Suggestion bei einer Methode eine Rolle spielt usw., kurz, um zu ermitteln, welche Methode oder Methoden die geeignetsten für die Hauptversuche sind. Bei dieser Prüfung wurde nur Rot angewendet. Der 5jährige Knabe war sehr intelligent und besuchte seit ein paar Monaten eine Spielschule. Das 7jährige Mädchen und die 9- und 12jährigen Knaben waren aus einer Volksschule; sie besaßen gute Zensuren.

Zuerst hatten die Kinder die Holmgrensche Probe (in dem nächsten Absatz beschrieben) gut zu bestehen, um sicher zu sein, daß sie nicht farbenblind sind.

Die Ergebnisse:

A. M. 5 Jahre alt.

Nach den Einübungsversuchen wurde mit ihm die Methode A angewandt, und zwar 10 Werte für die Abstiegsschwelle und 10 Werte für die Aufstiegsschwelle. Ein solcher Versuch dauerte eine Viertelstunde, zwischen beiden Reihen lag eine Pause. Von einer Ermüdung des Kindes war nicht die Rede. An diesem Tage wurde nur nach einer Methode untersucht. An anderen Tagen wurden alle drei Methoden durchgeführt. Folgende Werte wurden als Schwellen für Rot erhalten:

9,8°; 9,3°; 11,5°; 9,2° nach Methode A
13°; 14°; 12°; 13°; 14°; 13° nach Methode B
12,5°; 12°; 13,5°; 15°; 13° nach Methode C

M. M. 7 Jahre alt.

7,7°; 7,5°; 8,1°; 8,7°; 8,9° nach Methode A
8°; 10°; 9,8°; 11,8° nach Methode B
9,5°; 10°; 10°; 10°; 9° nach Methode C

F. K. 9 Jahre alt.

6,3°; 6,1°; 7,5°; 7,1°; 9,3° nach Methode A
8°; 9° nach Methode B
9,5°; 9,8°; 9,5°; 8,5° nach Methode C

G. W. 12 Jahre alt.

7,5°; 8,3°; 6,3°; 7,3° nach Methode A
6°; 7°; 6°; 6,5° nach Methode B
5,2°; 6°; 5,6°; 4,7° nach Methode C

Alle drei Methoden konnten mit den vier Kindern leicht durchgeführt werden, und Ermüdungserscheinungen waren nicht zu bemerken. Die Schwellenwerte der Methode B und der Methode C waren ungefähr dieselben, da aber irgendwelche Suggestion bei der Methode B eine Rolle spielen konnte, weil die Reize immer regelmäßig verstärkt oder geschwächt dargeboten wurden, ist die Methode B nicht weiter angewendet worden, besonders auch deshalb, weil die Methode C alle Vorteile der Methode B besitzt.

Nachdem die Kinder über den Gang des Versuches hinreichend orientiert waren — und das nahm nicht viel Zeit in Anspruch, bloß etwa 3 oder 4 Darbietungen — schien die Leistung bald ihr Maximum zu erreichen, und weitere Übung die Schwellenwerte nicht zu vermindern. Da der Zweck dieser Versuche darin bestand, das Verfahren bei den Hauptversuchen zu bestimmen, war es nicht nötig, genauere Angaben über die Ergebnisse zu machen. Alles Notwendige wird bei den Hauptversuchen betrachtet werden.

4. Die eigentlichen Hauptversuche.

Diese Versuche wurden im Sommer-Semester 1910 und während der Ferien bis gegen Mitte September durchgeführt.

Die Zahl der Versuchspersonen betrug 48; nämlich zwei Knaben und zwei Mädchen jeden Alters von 4—14 Jahren, außerdem zwei Damen, Frl. *Fr.* und Frl. *Kr.* und zwei Herren, Herr Dr. *D.* und Herr *W.* Wenn möglich, wurde es versucht, die Auswahl der Kinder so zu treffen, daß bei jeder Alterstufe 1 Knabe und 1 Mädchen gutbegabt und 1 Knabe und 1 Mädchen mittelbegabt waren. Alle Kinder, außer den vier- und fünfjährigen, besuchten die 3. Bezirksschule in Leipzig, da es wichtig ist, alle Vp. aus demselben Milieu zu wählen. Zu besonderem Danke bin ich Herrn Schuldirektor Linge und einigen Lehrern dieser Schule verpflichtet, die mir trotz der unvermeidlichen Störungen, die damit verbunden waren, mit Genehmigung des Bezirksschulinspektors Herrn Prof. Dr. D. Müller und des Stadtrates Herrn Dr. Ackermann, die Kinder zu Versuchen überließen.

Mit jedem Kinde wurde dasselbe Verfahren angewandt. Da bei diesen Versuchen nur Kinder mit normalen Augen in Frage kommen sollten, war es zunächst nötig, daß jedes Kind eine Probe bestand, die zeigte, daß es nicht farbenblind war. Es wurde die Holmgrensche Farbenblindheitsprobe benutzt. Das Verfahren ist folgendes[1]): Die Holmgrenschen Wollfäden sind auf einem weißen Papiere ausgebreitet.

[1]) Siehe Report of Committee on Colour Vision, London 1892. Parliamentary Paper, C. 6688.

Probe 1.

Ein hellgrünes Garn wird dem Kinde vorgelegt, und es aufgefordert, ähnliche Farben auszusuchen. Bei dieser Probe sowie bei den anderen ist der Name der Farbe vom Kinde nicht auszusprechen. Das Kind soll nur zeigen, daß es den Begriff Ähnlichkeit verstanden hat, und daß es gleichgültig ist, ob die Garne heller oder dunkler aussehen. Wenn das Kind die Probe nicht gut besteht, sondern etwa graue, rötliche oder braune Fäden zu den grünen legt, so ist es wahrscheinlich farbenblind; wenn es beim Aussuchen dieser Farben längere Zeit überlegt, kann es farbenschwach sein. Um aber den Grad und die Art der Farbenblindheit festzustellen, ist Probe 2 vorzunehmen.

Probe 2.

Ein blaßpurpurfarbiges Garn wird dem Kinde gezeigt; es soll wieder ähnliche Farbentöne heraussuchen. Wenn diese Probe richtig bestanden ist, d. h. nur purpurne Garne zusammengelegt wurden, ist das Kind nur „partial farbenblind". Wenn aber Blau und Violett oder eins von beiden mit Purpur zusammengelegt ist, besteht vollständige Rot-Blindheit (protanopic); wenn Grün und Grau oder eins von beiden mit Purpur verwechselt wurde, ist völlige Grün-Blindheit (deuteranopic) vorhanden. Die Diagnose ist jetzt vollkommen, und Probe 3 dient bloß als Bestätigungsprobe.

Probe 3.

Ein hellrotes Garn wird dem Kinde vorgelegt. Diese Probe wird nur bei deutlich ausgeprägter Farbenblindheit angewandt. Der Rotblinde wählt dann nicht nur rote Fäden aus, sondern auch grüne und braune, die für das normale Auge dunkler wie das Rot aussehen. Der Grünblinde dagegen wählt Schattierungen dieser Farben aus, die für ein normales Auge heller als das Rot erscheinen. Nun ist zu erwähnen, daß bei unseren Versuchen durch Anwendung der ersten Holmgrenschen Probe keine Farbenblinden gefunden wurden, und so war es nicht nötig, Probe 2 und Probe 3 durchzuführen. Da aber die Kinder nicht nur keine Spur von Farbenblindheit zeigen, sondern auch fähig sein sollten, die verschiedenen Hauptfarben zu benennen, wurde das dargestellte Verfahren so eingerichtet, daß es zu gleicher Zeit sowohl eine Probe für die Farbenblindheit, als auch für die Kenntnis der Farbenbenennung abgab. Das Verfahren war deshalb bei allen Kindern folgendes:

1. Ein hellgrünes Garn wurde vorgelegt und das Kind aufgefordert, ähnliche Farben auszusuchen; dann folgte dasselbe Verfahren mit

einem roten,
einem blauen und
einem gelben Garn.

2. Bis dahin wurden keine Farbennamen vom Kinde ausgesprochen, vielmehr wurde nun erst die Farbenbenennung geprüft und das Kind gefragt: Wie heißt diese Farbe? usw.

Es sei hier ein Beispiel gegeben, um zu zeigen, wie die Versuche verliefen.
Versuchsperson: *M. Z.*, ein 9jähriges Mädchen.
Die Holmgrensche Probe war richtig bestanden.
Methode A. Einübungsversuche. Rot.
Versuchszeit: 13. August, 1910, 11.45—12h.

Von 15° auf	4,0°	4,5°	5,0°	3°	5,5°
Von 1° auf	4,75°	6,0°	5,75°	6°	6,5°

Abstiegsschwellenwert $S_1 = 4{,}4°$
Aufstiegsschwellenwert $S_2 = 5{,}8°$
Durchschnittsschwellenwert $S = 5{,}1°$

Methode C. Einübungsversuche. Rot:

3°	4°	5°	6°	7°
helles Grau /1	helles Grau /3	helles Grau /5	rosa /2	wenig rosa /4
hellrosa /2	hellgrau /4	helles Grau /1	hellgrau /3	rosa /5
hellgrau /3	wenig rot /5	hellgrau /2	hellgrau und rosa /4	rosa /1
grau /4	hellgrau /1	mittelmäßig rot /3	rosa /5	hellrosa /2
helles Grau /5	hellgrau /2	hellrosa /4	rosa /1	hellrosa /3
G = 4 R = 1	G = 4 R = 1	G = 3 R = 2	G = 1 R = 4	G = 0 R = 5

G = Grau-Urteile
R = Rot-Urteile
S = 5° (ungefähr)

Methode A. Rot. Hauptversuche.
Versuchszeit: 13. Aug., 3.10—3.20h.

Von 12° auf	6,5°	3°	3°*	6°	5,5°	4°	3,5°	4,5°	3°	3,5°
Von 1° auf	7,5°	7°	5°	5°	5,25°	5°	4,5°	6,0°	5,5°	5,5°

* — Kontrollversuch.

$S_1 = 4{,}25°$ $S = 4{,}9°$
$S_2 = 5{,}625°$

Am Anfang des Versuchs wurden immer etwa zwei oder drei Reize als Einübungsreize gegeben.

Für das absteigende Verfahren sind die Variationen bezüglich S_1:
$-1{,}25°$; $-1{,}25°$; $-1{,}25°$; $-0{,}75°$; $-0{,}75°$; $-0{,}25°$;
$+0{,}25°$; $+1{,}25°$; $+1{,}75°$; $+2{,}25°$.
Die mittlere Variation $= 1{,}10°$.
Für das aufsteigende Verfahren sind die Variationen bezüglich S_2:
$-1{,}125°$; $-0{,}625°$; $-0{,}625°$; $-0{,}625°$; $-0{,}375°$;
$-0{,}125°$; $-0{,}125°$; $+0{,}375°$; $+1{,}375°$; $+1{,}875°$.
Die mittlere Variation $= 0{,}725°$.

Der Durchschnitt aus beiden mittleren Variationen $= \frac{1{,}1° + 0{,}725°}{2} = 0{,}91°$.

Dabei war die einfache Formel

$$\Theta = \frac{\Sigma \Delta}{n}$$

benutzt, bei der $\Sigma \Delta$ die Summe der einzelnen Variationen bezeichnet. Eine genauere Formel würde sein:

$$\Theta = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n-1}}$$

Da viele Kinder untersucht wurden, wäre die Benutzung dieser Formel zu umständlich gewesen, ohne dabei wesentliche Änderungen zugunsten einer größeren Genauigkeit zu ergeben.

Methode C. Rot.
Versuchszeit: 13. Aug., 3.25—3.40h.

2°	3°	4°	5°	6°
grau /1	grau /3	mittelmäßig rot /5	wenig rot /2	wenig rot /4
grau /2	grau /4	grau /1	rosa /3	rosa /5
grau /3	grau /5	grau /2	rot /4	rosa /1
grau /4	grau /1	grau /3	grau /5	rosa /2
heller grau /5	grau /2	helles Grau /4	grau /1	rosa /3
heller grau /1	grau /3	grau /5	mittelgrau /2	rosa /4
grau /2	kleines bißchen rot /4	grau /1	heller grau /3	rosa /5
grau /3	grau /5	grau /2	rosa /4	rosa /1
grau /4	grau /1	grau /3	rosa /5	rosa /2
grau /5	grau /2	grau /4	rosa /1	rosa /3
G = 10 R = 0	G = 9 R = 1	G = 9 R = 1	G = 4 R = 6	G = 0 R = 10

Die Urteile wurden bei diesem Kinde sofort und ohne Überlegung gegeben.

Nach der Spearmanschen Formel ist der Schwellenwert S gegeben durch

$$S = \frac{6+5}{2} - \frac{1(1+1+6)}{10}$$

$$S = 4{,}7°.$$

Die mittlere Variation Θ für Rot ist in folgender Weise ausgerechnet worden. Von den Urteilen sind die unter 3°, 4° und 5°, also 30 Urteile zu berücksichtigen.

$$30\ \Theta \text{rot} = 1 \cdot 1{,}7° + 1 \cdot 0{,}7° + 4 \cdot 0{,}3°$$

$$\Theta \text{rot} = 0{,}12°.$$

In ähnlicher Weise sind die Versuche mit Blau, Grün und Gelb ausgeführt worden.

IV. Die Ergebnisse.

1. Einige sich ergebende Probleme.

Wie schon erwähnt, war es unsere Aufgabe, die Reizschwelle für Farbensättigung bei Kindern festzustellen. Das Ergebnis der Untersuchung klärt aber zugleich verschiedene andere Probleme. Es sind in erster Linie Probleme von methodologischer und psychologischer Bedeutung: Wie verhalten sich Kinder verschiedenen Alters, wenn verschiedene psychophysische Methoden bei den Versuchen angewendet werden? Welches sind die Vor- und Nachteile einer bestimmten Methode bei Kindern eines gewissen Alters?

Es haben schon mehrere Forscher ähnliche Versuche mit 1- und 2jährigen Kindern angestellt. Aber von einer vom Willen geleiteten Aufmerksamkeit der Vp. kann dabei nicht die Rede sein. Das Interesse des Kindes war wohl geweckt, ob es aber durch die Farbe selbst, durch die Helligkeit, durch die Neuheit der Umgebung, durch eine bestimmte Assoziation oder durch einen Zufall erregt war, läßt sich nicht sicher feststellen. Alle diese Versuche kann man daher kaum als exakt bezeichnen.

Es erhebt sich weiterhin die Frage: Wann sind Kinder bei bestimmten psychophysischen Methoden, durch die die Reizschwelle für Farbensättigung festgestellt werden soll, zuverlässige Versuchspersonen? Aus einer Analyse der Streuung der Urteile erhält man eine gewisse Auskunft über das Verhalten der Versuchsperson während der Versuche. „Die mittlere Variation oder Streuung der Zahlen ist offenbar ein Maß für die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Versuchsperson bei ihren Aussagen, für die Gleichmäßigkeit der Aufmerksamkeit während der Versuche. Sie kann unter Umständen von der Größe der Empfindlichkeit ganz unabhängig sein. Eine Versuchsperson mit sehr stumpfer Schwelle kann doch ihre Aussagen mit hervorragender Gleichmäßigkeit abgeben. Insofern aber die mittlere Variation über eine viel tiefgreifendere und allgemeinere Veranlagung der Versuchsperson Auskunft gibt als die Reizschwelle selbst, die eigentlich das Ziel der Untersuchung war, kann sie eventuell von größerer Wichtigkeit werden als jene. Darum sollte auch die Angabe der mittleren Variation niemals versäumt werden ... Es wäre von großer Wichtigkeit, wenn auch diese Frage systematisch (an Schulkindern) verfolgt würde, damit wir erfahren, wie die Zuverlässigkeit der Kinder mit den Jahren zu- oder abnimmt, wie sich Knaben und Mädchen, die verschiedenen Volksklassen und Volksstämme in dieser Beziehung verhalten.“[1]) Ferner ermöglicht vielleicht eine Analyse der Urteile des Kindes, wie sie mit seinen eigenen Worten ausgedrückt sind, wichtige Schlüsse auf die apperzipierende Tätigkeit des Kindes auf den verschiedenen Altersstufen.

[1]) R. Schulze, Aus der Werkstatt der experimentellen Psychologie und Pädagogik, Leipzig 1909, S. 50.

Endlich wird ein Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen in bezug auf die oben erwähnten Fragen empfehlenswert sein. Einige weitere Probleme sind in erster Linie von physiologischer Bedeutung: Wie groß sind die Schwellen für verschiedene Farben auf jeder Altersstufe? Besonders wenn die Kinder sehr jung sind, ist es wichtig, dies genau festzustellen. Da nach Gladstone[1]), Geiger[2]), Magnus[3]) u. a. auf Grund einer Analyse der Farbenbenennungen bei primitiven Völkern der Sinn für Blau bei diesen als mangelhaft entwickelt hingestellt wird, sind manche Autoren zu dem Schlusse gekommen, daß diese Tatsache auch bei jungen Kindern der Fall sei. So würde sich ein Parallelismus zwischen Einzelentwicklung (Ontogenesis) und Gattungsentwicklung (Phylogenesis) ergeben. Ferner, da bei den Versuchen ein paar Geschwister als Versuchspersonen waren, kann man untersuchen, ob eine große oder geringe Empfindlichkeit für eine bestimmte Farbe etwas Angeborenes ist, so daß Kinder aus derselben Familie gewisse Gemeineigenschaften zeigen, oder etwas Anerzogenes. Drittens sollen einige Probleme pädagogischer Bedeutung erwähnt werden: Wie weit ist der Farbensinn des Kindes entwickelt, wenn es in die Schule eintritt? Welchen Einfluß hat der Schuleintritt in dieser Beziehung? Welcher Unterschied besteht zwischen dem Farbensinn der Knaben und dem der Mädchen in den verschiedenen Schulklassen, besonders aber in den höheren Klassen?

2. Die Betrachtung der Tabellen und Kurven.

Die Tabellen und Kurven sind nach Methode A und nach Methode C geordnet.

In Tabelle Ia (Meth. A; Seite 38) und in Tabelle Ib (Meth. C; Seite 39) sind die Schwellenwerte und die Empfindlichkeit jeder Vp. für jede Farbe gegeben. Da die Entwicklung der Empfindlichkeit (wenn vorhanden) mit zunehmendem Alter untersucht werden sollte, war es notwendig, ein Normalmaß für die Empfindlichkeit bei einem bestimmten Alter zu bekommen. Wenn S_1, S_2, S_3, S_4 die Schwellenwerte eines Kindes für Rot, Blau, Grün und Gelb bezeichnen, sei $\frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4}{4}$ der Durchschnittsschwellenwert des Kindes genannt, und der reziproke Wert $\frac{4}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4}$ die Durchschnittsempfindlichkeit.

Wenn nun S_{k_1}, S_{k_2}, S_{m_1}, S_{m_2} die Durchschnittsschwellenwerte für zwei Knaben und zwei Mädchen eines bestimmten Alters, S_k, S_m, E_k, E_m die

---

[1]) Gladstone, Studies on Homer and the Homeric Age, III, S. 457—499.

[2]) Geiger, Zur Entwicklungsgeschichte der Menschheit, 1871.

[3]) Magnus, Die geschichtliche Entwicklung des Farbensinnes, Leipzig 1877. Untersuchungen über den Farbensinn der Naturvölker, Jena 1880.

Durchschnittsschwellenwerte und die entsprechenden Durchschnittsempfindlichkeiten für Knaben und Mädchen dieses Alters, und S_d, E_d die Durchschnittsschwellenwerte und die Durchschnittsempfindlichkeit für diese Altersstufe bezeichnen, dann ist es ohne weiteres klar, daß

$$S_k = \frac{S_{k_1} + S_{k_2}}{2} \qquad S_m = \frac{S_{m_1} + S_{m_2}}{2}$$

$$E_k = \frac{1}{S_k} = \frac{2}{S_{k_1} + S_{k_2}} \qquad E_m = \frac{1}{S_m} = \frac{2}{S_{m_1} + S_{m_2}}$$

$$S_d = \frac{S_k + S_m}{2} \qquad E_d = \frac{1}{S_d} = \frac{2}{S_k + S_m}$$

oder

$$E_d = \frac{2}{\frac{S_{k_1} + S_{k_2}}{2} + \frac{S_{m_1} + S_{m_2}}{2}} = \frac{4}{S_{k_1} + S_{k_2} + S_{m_1} + S_{m_2}}$$

$$E_d = \frac{4}{\frac{S_1' + S_2' + S_3' + S_4'}{4} + \ldots + \ldots + \ldots}$$

$$E_d = \frac{16}{\text{Summe aller Schwellenwerte für jede Farbe für jedes Kind dieses Alters.}}$$

Dieses ganze Verfahren ist aber nur berechtigt, wenn keine erheblichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Schwellenwerten für ein bestimmtes Alter vorhanden sind (siehe Tab. Ia u. Ib, S. 38 u. 39).

In Tabelle Ia u. Ib sind die Durchschnitts-Schwellenwerte und die Durchschnitts-Empfindlichkeit der Knaben und Mädchen gegeben (letzte Spalte).

In Tabelle IIa (Meth. A; Seite 40) und in Tabelle IIb (Meth. C; Seite 40) sind die Durchschnitts-Schwellenwerte und die Durchschnitts-Empfindlichkeit der Knaben und Mädchen für jedes Alter und für jede Farbe verzeichnet.

Tabelle IIIa (Meth. A; Seite 41) und Tabelle IIIb (Meth. C; Seite 41) enthält die Durchschnitts-Schwellenwerte und die Durchschnitts-Empfindlichkeit für jedes Alter und für jede Farbe, wenn die Werte für Knaben und Mädchen zusammengerechnet sind, und ferner die Werte für S_d und E_d.

In Tabelle IVa (Meth. A; Seite 42) und in Tabelle IVb (Meth. C; Seite 43) ist die mittlere Variation und die Zuverlässigkeit jedes Kindes für jede Farbe angegeben. Da die Entwicklung der Zuverlässigkeit (wenn vorhanden) mit zunehmendem Alter untersucht werden sollte, wurden Durchschnittsvariationen ausgerechnet, und zwar für jedes Kind, für Knaben gewissen Alters, für Mädchen gewissen Alters und für jedes Alter, wobei die Werte für Knaben und Mädchen dieser Stufe zusammengenommen sind. Auch dieses Verfahren wieder ist nur berechtigt, wenn keine erheblichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Variationen für ein bestimmtes Alter vorhanden sind, und aus einer Betrachtung der Tabellen ersieht man, daß das gewöhnlich der Fall ist.

Tabelle Ia.

Methode A. Mädchen. Schwellenwerte (S_1, S_2, S_3, S_4).								Methode A. Knaben. Schwellenwerte (S_1, S_2, S_3, S_4).							
Alter	Namen	Rot	Blau	Grün	Gelb	Durchschn.-Wert jeder Vp.	Durchschn.-Schwellen- u. Empftswert d. Altersstufe	Alter	Namen	Rot	Blau	Grün	Gelb	Durchschn.-Wert jeder Vp.	Durchschn.-Schwellen- u. Empftswert d. Altersstufe
5	*H. Z.*	7,00	5,50	12,40	12,82	9,43	9,38	5	*H. S.*	11,26	7,66	11,50	12,42	10,71	10,78
	M. H.	8,24	7,80	9,74	11,55	9,33	0,1066		*A. M.*	9,78	8,95	10,20	14,47	10,85	0,0927
6	*M. B.*	8,26	6,42	9,00	8,55	8,06	7,98	6	*E. M.*	11,60	6,40	11,20	13,30	10,62	9,21
	E. S.	7,14	5,96	8,11	10,42	7,91	0,1253		*A. G.*	7,68	6,10	8,62	8,78	7,80	0,1085
7	*M. M.*	8,08	7,25	8,60	10,99	8,73	8,00	7	*W. R.*	9,10	8,08	11,92	10,90	10,00	9,82
	D. S.	7,81	5,00	8,00	8,28	7,27	0,1250		*E. W.*	8,69	9,00	8,60	12,32	9,65	0,1018
8	*E. H.*	5,25	7,30	9,90	9,45	7,97	8,30	8	*O. M.*	7,81	6,15	9,84	8,27	8,02	7,66
	K. W.	9,21	5,87	9,57	9,92	8,64	0,1205		*W. O.*	7,95	6,08	6,54	8,67	7,31	0,1305
9	*M. Z.*	4,93	7,95	8,08	5,98	6,73	7,33	9	*K. H.*	7,17	7,60	6,38	8,60	7,44	7,27
	M. A.	5,12	8,35	7,91	10,34	7,93	0,1364		*F. J.*	6,93	7,80	7,54	6,13	7,10	0,1375
10	*L. W.*	4,97	5,60	7,45	6,99	6,25	7,04	10	*G. M.*	5,62	5,40	7,05	7,22	6,32	6,75
	H. T.	6,80	7,00	8,62	8,90	7,83	0,1420		*L. Z.*	6,25	4,65	7,95	9,91	7,19	0,1481
11	*E. S.*	6,15	7,42	7,48	7,95	7,25	6,91	11	*A. M.*	6,90	5,64	7,22	7,80	6,89	6,69
	M. O.	6,93	4,62	6,46	8,32	6,58	0,1447		*K. R.*	5,30	5,59	5,58	9,52	6,50	0,1495
12	*E. H.*	4,20	5,19	5,23	7,11	5,43	5,74	12	*M. S.*	3,81	3,77	5,68	5,16	4,60	4,61
	F. R.	4,50	4,87	6,60	8,26	6,06	0,1742		*G. W.*	6,83	3,22	5,17	3,28	4,62	0,2169
13	*M. Z.*	3,82	5,93	8,10	3,88	5,43	4,97	13	*P. M.*	4,06	3,81	3,46	3,85	3,79	4,26
	G. F.	4,42	6,02	3,62	4,02	4,52	0,2012		*W. V.*	5,58	3,31	3,95	6,07	4,73	0,2347
14	*E. B.*	3,91	4,56	5,21	4,86	4,63	4,53	14	*K. S.*	4,10	4,73	4,06	4,98	4,47	4,56
	E. P.	3,70	5,04	4,31	4,73	4,44	0,2207		*K. B.*	4,20	5,86	3,52	5,07	4,66	0,2193
Damen	Frl. *Fr.*	3,95	4,81	5,08	4,16	4,50	3,79	Herren	*W.*	2,61	2,80	3,67	3,61	3,17	4,09
	Frl. *Kr.*	3,12	4,17	2,07	2,97	3,08	0,2639		Dr. *D.*	4,50	3,01	5,15	7,40	5,01	0,2445

Tabelle Ib.

Methode C. Mädchen. Schwellenwerte (S_1, S_2, S_3, S_4).								Methode C. Knaben. Schwellenwerte (S_1, S_2, S_3, S_4).							
Alter	Namen	Rot	Blau	Grün	Gelb	Durchschn.-Wert jeder Vp.	Durchschn.-Schwellen- u. Empftswert d. Altersstufe	Alter	Namen	Rot	Blau	Grün	Gelb	Durchschn.-Wert jeder Vp.	Durchschn.-Schwellen- u. Empftswert d. Altersstufe
5	*H. Z.*	7,7	6,3	11,2	10,9	9,0	9,0	5	*H. S.*	11,1	6,4	11,5	15,0	11,0	11,4
	M. H.	7,8	8,1	8,8	11,5	9,0	0,1111		*A. M.*	13,2	6,8	11,1	16,2	11,8	0,0877
6	*M. B.*	8,2	7,5	8,6	8,1	8,1	7,9	6	*E. M.*	12,5	6,5	11,0	14,5	11,1	9,1
	E. S.	7,0	5,7	7,5	10,6	7,7	0,1266		*A. G.*	6,9	5,6	7,9	8,0	7,1	0,1099
7	*M. M.*	9,6	4,8	8,4	10,5	8,3	6,9	7	*W. R.*	10,5	6,5	11,1	12,0	10,0	9,85
	D. S.	5,6	4,5	6,4	6,1	5,6	0,1449		*E. W.*	8,1	8,3	8,7	13,5	9,7	0,1015
8	*E. H.*	5,0	7,1	7,1	10,8	7,5	7,6	8	*O. M.*	6,9	6,4	7,9	8,2	7,4	7,2
	K. W.	4,3	5,8	9,8	11,5	7,8	0,1316		*W. O.*	6,0	6,3	8,0	7,6	7,0	0,1389
9	*M. Z.*	4,7	5,6	6,5	9,3	6,5	6,55	9	*K. H.*	6,6	5,9	3,1	7,4	5,7	5,85
	M. A.	4,8	7,3	5,7	8,6	6,6	0,1527		*F. J.*	5,6	5,6	8,8	4,0	6,0	0,1709
10	*L. W.*	3,6	4,3	6,9	4,0	4,7	5,6	10	*G. M.*	5,9	3,8	5,4	4,9	5,0	5,85
	H. T.	5,8	6,6	7,1	6,9	6,6	0,1786		*L. Z.*	5,5	4,5	8,1	8,8	6,7	0,1709
11	*E. S.*	5,3	5,6	5,2	7,5	5,9	5,6	11	*A. M.*	6,1	4,9	5,2	3,7	5,0	4,75
	M. O.	5,4	3,6	4,9	7,1	5,2	0,1786		*K. R.*	4,3	4,8	2,4	6,4	4,5	0,2105
12	*E. H.*	4,0	4,1	4,2	6,8	4,8	4,5	12	*M. S.*	2,7	2,6	5,2	2,4	3,2	3,2
	F. R.	4,1	3,1	5,9	4,0	4,3	0,2222		*G. W.*	5,5	1,5	3,9	2,1	3,2	0,3125
13	*M. Z.*	2,9	4,4	6,5	2,4	4,0	3,9	13	*P. M.*	3,1	2,2	2,3	2,3	2,5	2,9
	G. F.	4,6	4,1	3,5	3,0	3,8	0,2564		*W. V.*	4,3	2,3	2,4	4,3	3,3	0,3448
14	*E. B.*	2,9	3,9	2,2	3,1	3,0	2,9	14	*K. S.*	3,7	3,2	3,2	2,4	3,1	3,0
	E. P.	2,4	4,1	1,9	2,8	2,8	0,3448		*K. B.*	3,1	3,2	3,0	2,4	2,9	0,3333
Damen	Frl. *Fr.*	2,1	2,7	1,2	0,9	1,7	2,1	Herren	*W.*	1,7	1,5	2,15	2,1	1,9	2,45
	Frl. *Kr.*	2,4	2,4	2,1	3,2	2,5	0,4762		Dr. *D.*	2,9	2,6	2,55	4,15	3,0	0,4082

Tabelle IIa.

Durchschnitts-Schwellenwerte und Durchschnitts-Empfindlichkeit für jedes Alter und jede Farbe.

Methode A. Mädchen.									Methode A. Knaben.								
Alter	Rot		Blau		Grün		Gelb		Alter	Rot		Blau		Grün		Gelb	
5	7,62	0,1312	6,65	0,1504	11,07	0,0903	12,18	0,0821	5	10,52	0,0950	8,30	0,1205	11,35	0,0881	13,44	0,0744
6	7,70	0,1300	6,19	0,1616	8,55	0,1170	9,48	0,1055	6	9,64	0,1037	6,25	0,1600	9,91	0,1008	11,04	0,0906
7	7,94	0,1260	6,12	0,1634	8,30	0,1205	9,63	0,1037	7	8,89	0,1125	8,54	0,1171	10,26	0,0974	11,61	0,0861
8	7,23	0,1383	6,58	0,1520	9,73	0,1028	9,68	0,1033	8	7,88	0,1269	6,11	0,1636	8,19	0,1221	8,47	0,1180
9	5,02	0,1992	8,15	0,1227	7,99	0,1252	8,16	0,1225	9	7,05	0,1418	7,70	0,1300	6,96	0,1436	7,36	0,1358
10	5,88	0,1700	6,30	0,1587	8,03	0,1245	7,94	0,1259	10	5,93	0,1686	5,02	0,1992	7,50	0,1333	8,56	0,1167
11	6,54	0,1530	6,02	0,1661	6,97	0,1435	8,13	0,1230	11	6,10	0,1640	5,61	0,1782	6,40	0,1562	8,66	0,1155
12	4,36	0,2293	5,03	0,1988	5,91	0,1692	7,68	0,1302	12	5,32	0,1880	3,49	0,2865	5,42	0,1845	4,22	0,2369
13	4,12	0,2427	5,97	0,1675	5,86	0,1707	3,95	0,2531	13	4,82	0,2075	3,56	0,2810	3,70	0,2703	4,96	0,2017
14	3,80	0,2632	4,80	0,2083	4,76	0,2101	4,79	0,2089	14	4,15	0,2410	5,29	0,1890	3,79	0,2638	5,02	0,1992
Damen	3,53	0,2833	4,49	0,2226	3,57	0,2801	3,56	0,2809	Herren	3,55	0,2817	2,90	0,3448	4,41	0,2267	5,50	0,1818

Tabelle IIb.

Durchschnitts-Schwellenwerte und Durchschnitts-Empfindlichkeit für jedes Alter und jede Farbe.

Methode C. Mädchen.									Methode C. Knaben.								
Alter	Rot		Blau		Grün		Gelb		Alter	Rot		Blau		Grün		Gelb	
5	7,7	0,1299	7,2	0,1388	10,0	0,1000	11,2	0,0893	5	12,1	0,0826	6,6	0,1515	11,3	0,0885	15,6	0,0641
6	7,6	0,1316	6,6	0,1515	8,0	0,1250	9,3	0,1075	6	9,7	0,1003	6,0	0,1666	9,4	0,1064	11,2	0,0893
7	7,6	0,1316	4,6	0,2174	7,4	0,1351	8,3	0,1205	7	9,3	0,1075	7,4	0,1351	9,9	0,1010	12,7	0,0787
8	4,6	0,2174	6,4	0,1563	8,4	0,1190	11,1	0,1901	8	6,4	0,1563	6,3	0,1587	7,9	0,1266	7,9	0,1266
9	4,7	0,2128	6,4	0,1563	6,1	0,1640	8,9	0,1124	9	6,1	0,1640	5,7	0,1754	5,9	0,1695	5,7	0,1754
10	4,7	0,2128	5,4	0,1852	7,0	0,1429	5,4	0,1852	10	5,7	0,1754	4,1	0,2439	6,7	0,1493	6,8	0,1470
11	5,3	0,1880	4,1	0,2439	5,0	0,2000	7,3	0,1370	11	5,2	0,1923	4,8	0,2083	3,8	0,2632	5,0	0,2000
12	4,0	0,2500	3,6	0,2777	5,0	0,2000	5,4	0,1852	12	4,1	0,2439	2,0	0,5000	4,5	0,2222	2,2	0,4545
13	3,7	0,2703	4,2	0,2381	5,0	0,2000	2,7	0,3704	13	3,7	0,2703	2,2	0,4545	2,3	0,4348	3,3	0,3030
14	2,6	0,3846	4,0	0,2500	2,0	0,5000	2,9	0,3448	14	3,4	0,2941	3,2	0,3125	3,1	0,3226	2,4	0,4167
Damen	2,2	0,4545	2,5	0,4000	1,6	0,6250	2,0	0,5000	Herren	2,3	0,4348	2,0	0,5000	2,3	0,4348	3,1	0,3226

Tabelle IIIa.

Durchschnitts-Schwellenwerte und Durchschnitts-Empfindlichkeit für jede Farbe und Durchschnitts-Schwellenwerte (S_d) und Durchschnitts-Empfindlichkeit für die Altersstufe (E_d).

Methode A. Knaben und Mädchen zusammen.

Alter	Rot		Blau		Grün		Gelb		Durchschnittliche Schwellenwerte (S_d)	Durchschnittliche Empfindlichkeit (E_d)
5	9,07	0,1103	7,47	0,1339	11,21	0,0892	12,81	0,0781	10,14	0,0986
6	8,67	0,1153	6,22	0,1608	9,23	0,1083	10,26	0,0975	8,59	0,1164
7	8,41	0,1189	7,33	0,1364	9,28	0,1078	10,62	0,0942	8,91	0,1122
8	7,55	0,1325	6,34	0,1577	8,96	0,1116	9,07	0,1103	7,98	0,1253
9	6,03	0,1658	7,92	0,1263	7,47	0,1339	7,76	0,1289	7,29	0,1371
10	5,90	0,1695	5,66	0,1767	7,76	0,1290	8,25	0,1212	6,89	0,1451
11	6,32	0,1582	5,81	0,1721	6,68	0,1497	8,39	0,1192	6,80	0,1471
12	4,84	0,2066	4,26	0,2347	5,66	0,1767	5,95	0,1681	5,18	0,1930
13	4,47	0,2237	4,76	0,2101	4,78	0,2092	4,45	0,2247	4,61	0,2169
14	3,97	0,2519	5,04	0,1984	4,27	0,2340	4,90	0,2041	4,54	0,2203
Erwachsene	3,54	0,2825	3,69	0,2710	3,99	0,2506	4,53	0,2208	3,94	0,2538

Tabelle IIIb.

Durchschnitts-Schwellenwerte und Durchschnitts-Empfindlichkeit für jede Farbe und Durchschnitts-Schwellenwerte (S_d) und Durchschnitts-Empfindlichkeit für die Altersstufe (E_d).

Methode C. Knaben und Mädchen zusammen.

Alter	Rot		Blau		Grün		Gelb		Durchschnittliche Schwellenwerte (S_d)	Durchschnittliche Empfindlichkeit (E_d)
5	9,9	0,1010	6,9	0,1449	10,6	0,0943	13,4	0,0746	10,2	0,0980
6	8,6	0,1163	6,3	0,1587	8,7	0,1149	10,2	0,0980	8,5	0,1176
7	8,4	0,1190	6,0	0,1666	8,6	0,1163	10,5	0,0952	8,4	0,1189
8	5,5	0,1818	6,3	0,1587	8,1	0,1235	9,5	0,1053	7,4	0,1351
9	5,4	0,1852	6,0	0,1666	6,0	0,1666	7,3	0,1370	6,2	0,1613
10	5,2	0,1923	4,7	0,2128	6,8	0,1470	6,1	0,1640	5,7	0,1754
11	5,2	0,1923	4,4	0,2273	4,4	0,2273	6,1	0,1640	5,2	0,1923
12	4,0	0,2500	2,8	0,3571	4,7	0,2128	3,8	0,2632	3,8	0,2632
13	3,7	0,2703	3,2	0,3125	3,6	0,2777	3,0	0,3333	3,4	0,2941
14	3,0	0,3333	3,6	0,2777	2,5	0,4000	2,6	0,3846	2,9	0,3448
Erwachsene	2,2	0,4545	2,2	0,4545	1,9	0,5263	2,5	0,4000	2,3	0,4348

Tabelle IVa.

Methode A. Mädchen. Mittlere Variationen.								Methode A. Knaben. Mittlere Variationen.								Knaben u. Mädchen	
Alter	Namen	Rot	Blau	Grün	Gelb	Durchschn.-Wert jeder Vp.	Durchschn.-Wert für die Altersstufe	Alter	Namen	Rot	Blau	Grün	Gelb	Durchschn.-Wert jeder Vp.	Durchschn.-Wert für die Altersstufe	mittlere Variation	Zuverlässigkeit
5	*H. Z.*	1,200	0,50	1,02	2,74	1,36	1,365	5	*H. S.*	1,07	0,44	1,05	1,34	0,97	0,965	1,16	37
	M. H.	0,987	1,63	1,52	1,35	1,37			*A. M.*	0,455	0,85	0,75	1,80	0,96			
6	*M. B.*	0,700	0,67	0,64	0,96	0,74	0,805	6	*E. M.*	1,28	0,64	1,08	1,17	1,04	1,035	0,92	47
	E. S.	0,762	0,69	0,98	1,04	0,87			*A. G.*	0,887	0,81	0,94	1,49	1,03			
7	*M. M.*	0,55	0,42	0,95	0,87	0,70	0,73	7	*W. R.*	0,79	0,67	1,02	1,26	0,93	0,785	0,76	57
	D. S.	0,825	0,55	0,70	0,98	0,76			*E. W.*	0,407	0,86	0,61	0,70	0,64			
8	*E. H.*	0,597	0,37	1,01	1,40	0,84	0,93	8	*O. M.*	0,865	0,62	1,06	0,80	0,83	0,955	0,94	46
	K. W.	0,875	1,07	0,71	1,43	1,02			*W. O.*	0,975	0,60	0,98	1,76	1,08			
9	*M. Z.*	0,912	0,61	1,13	0,67	0,83	0,94	9	*K. H.*	0,637	0,48	0,30	0,95	0,59	0,685	0,81	53
	M. A.	0,585	0,78	1,39	1,46	1,05			*F. J.*	0,80	0,52	1,10	0,72	0,78			
10	*L. W.*	0,815	0,42	0,86	0,58	0,67	0,70	10	*G. M.*	0,43	0,58	0,96	0,85	0,70	0,70	0,70	62
	H. T.	0,672	0,42	0,87	0,95	0,73			*L. Z.*	0,75	0,61	0,73	0,72	0,70			
11	*E. S.*	0,69	1,04	0,83	0,80	0,84	0,73	11	*A. M.*	1,13	0,61	0,88	0,89	0,88	0,75	0,74	58
	M. O.	0,52	0,42	0,52	1,01	0,62			*K. R.*	0,62	0,39	0,40	1,09	0,62			
12	*E. H.*	0,53	0,67	0,51	0,95	0,66	0,555	12	*M. S.*	0,25	0,19	0,47	0,50	0,35	0,415	0,48	90
	F. R.	0,345	0,25	0,59	0,62	0,45			*G. W.*	0,57	0,30	0,80	0,24	0,48			
13	*M. Z.*	0,465	0,94	0,97	0,59	0,74	0,695	13	*P. M.*	0,355	0,58	0,63	0,56	0,53	0,62	0,66	66
	G. F.	0,35	0,83	0,69	0,74	0,65			*W. V.*	0,357	0,36	0,57	1,58	0,71			
14	*E. B.*	0,42	0,42	0,63	0,66	0,53	0,535	14	*K. S.*	0,40	0,73	0,84	0,85	0,70	0,60	0,57	75
	E. P.	0,38	0,68	0,47	0,65	0,54			*K. B.*	0,37	0,54	0,50	0,61	0,50			
Damen	Frl. *Fr.*	0,307	0,34	0,47	0,285	0,35	0,325	Herren	*W.*	0,365	0,36	0,32	0,54	0,40	0,535	0,43	100
	Frl. *Kr.*	0,24	0,46	0,24	0,245	0,30			Dr. *D.*	0,55	0,54	0,62	0,98	0,67			

Tabelle IVb.

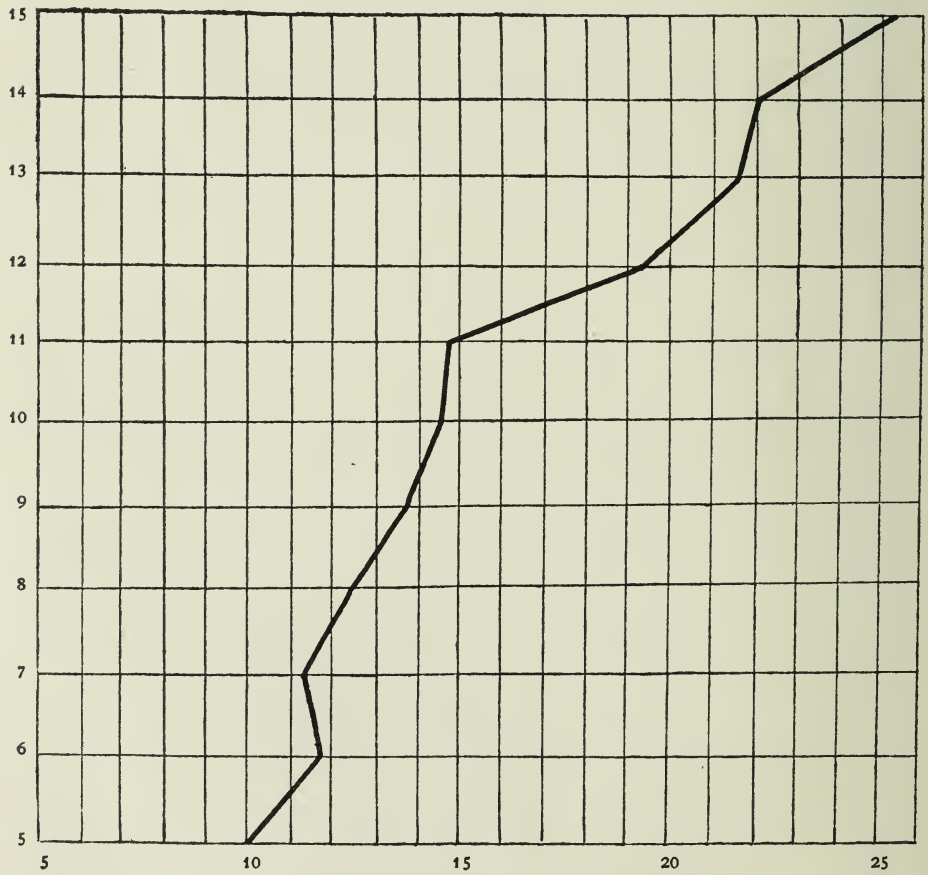
Methode C. Mädchen. Mittlere Variationen.								Methode C. Knaben. Mittlere Variationen.								Knaben u. Mädchen	
Alter	Namen	Rot	Blau	Grün	Gelb	Durchschn.-Wert jeder Vp.	Durchschn.-Wert für die Altersstufe	Alter	Namen	Rot	Blau	Grün	Gelb	Durchschn.-Wert jeder Vp.	Durchschn.-Wert für die Altersstufe	Mittlere Variation	Zuverlässigkeit
5	*H. Z.* *M. H.*	0,23 0,12	0,19 0,28	0,34 0,39	0,33 0,22	0,27 0,25	0,26	5	*H. S.* *A. M.*	0,18 0,19	0,18 0,35	0,28 0,25	0,40 0,42	0,26 0,30	0,28	0,27	37
6	*M. B.* *E. S.*	0,06 0,17	0,15 0,19	0,18 0,15	0,21 0,37	0,15 0,22	0,18	6	*E. M.* *A. G.*	0,15 0,11	0,30 0,18	0,30 0,25	0,33 0,18	0,27 0,18	0,22$_5$	0,20	50
7	*M. M.* *D. S.*	0,18 0,15	0,21 0,15	0,11 0,21	0,40 0,16	0,22 0,17	0,19$_5$	7	*W. R.* *E. W.*	0,20 0,07	0,20 0,19	0,38 0,31	0,71 0,60	0,37 0,29	0,33	0,26	38
8	*E. H.* *K. W.*	0,07 0,03	0,11 0,15	0,37 0,26	0,21 0,38	0,19 0,22	0,20	8	*O. M.* *W. O.*	0,15 0,10	0,07 0,12	0,25 0,27	0,29 0,31	0,19 0,20	0,19$_5$	0,20	50
9	*M. Z.* *M. A.*	0,12 0,13	0,18 0,19	0,20 0,19	0,15 0,11	0,16 0,15	0,15$_5$	9	*K. H.* *F. J.*	0,07 0,56	0,12 0,22	0,18 0,49	0,27 0,37	0,16 0,41	0,28	0,21	48
10	*L. W.* *H. T.*	0,22 0,08	0,13 0,12	0,13 0,18	0,17 0,09	0,16 0,12	0,14	10	*G. M.* *L. Z.*	0,04 0,17	0,19 0,25	0,11 0,15	0,11 0,25	0,11 0,20	0,15	0,14	71
11	*E. S.* *M. O.*	0,08 0,11	0,17 0,17	0,22 0,13	0,20 0,17	0,17 0,14	0,15$_7$	11	*A. M.* *K. R.*	0,04 0,13	0,11 0,13	0,36 0,29	0,08 0,21	0,15 0,19	0,17	0,16	62
12	*E. H.* *F. R.*	0,00 0,04	0,07 0,08	0,25 0,18	0,29 0,20	0,15 0,12	0,13$_5$	12	*M. S.* *G. W.*	0,18 0,17	0,22 0,00	0,08 0,28	0,21 0,12	0,17 0,14	0,15	0,14	71
13	*M. Z.* *G. F.*	0,17 0,07	0,15 0,08	0,17 0,20	0,12 0,17	0,15 0,13	0,14	13	*P. M.* *W. V.*	0,07 0,29	0,08 0,22	0,19 0,43	0,22 0,15	0,14 0,27	0,20	0,17	59
14	*E. B.* *E. P.*	0,04 0,04	0,11 0,08	0,18 0,07	0,15 0,09	0,12 0,07	0,09$_5$	14	*K. S.* *K. B.*	0,08 0,08	0,13 0,19	0,22 0,33	0,21 0,12	0,16 0,18	0,17	0,13	77
Damen	Frl. *Fr.* Frl. *Kr.*	0,04 0,04	0,12 0,04	0,19 0,11	0,04 0,12	0,10 0,08	0,09	Herren	*W.* Dr. *D.*	0,06 0,04	0,10 0,18	0,07 0,24	0,13 0,08	0,09 0,13	0,11	0,10	100

Die Kurven. Alle Kurven haben das Alter als Ordinaten; in den Empfindlichkeitskurven stellen die Abszissen die Empfindlichkeit, in den Zuverlässigkeitskurven die Zuverlässigkeit dar. Wenn also S einen gewissen Schwellenwert, E die entsprechende Empfindlichkeit, V die mittlere Variation und T die Zuverlässigkeit bezeichnet, ist

$$E = \frac{1}{S} \quad \text{und} \quad T = \frac{1}{V}.$$

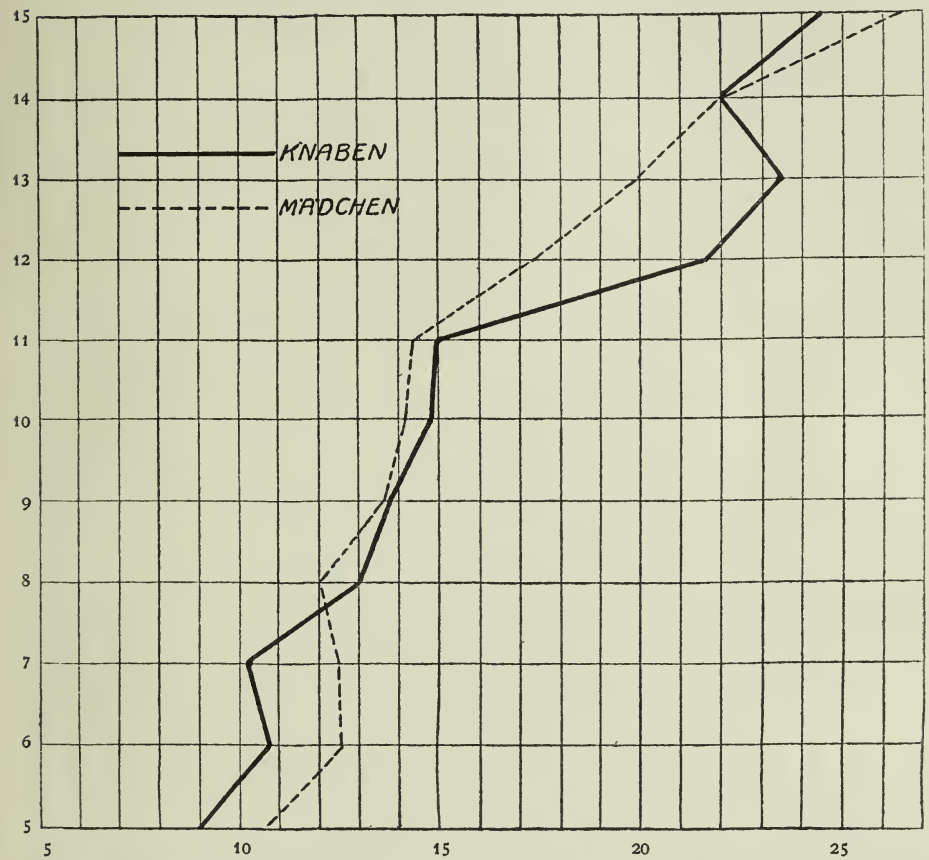
Die nach der Methode A erhaltenen Kurven.

Kurve I ist eine allgemeine Kurve, bei der die Werte der Knaben und Mädchen zusammengerechnet sind, d. h. die Abszissen entsprechen der Durchschnittsempfindlichkeit E_d. Die Entwicklung der Empfindlichkeit mit zunehmendem Alter ist deutlich sichtbar. Das 7. und 11. Jahr scheinen für die Entwicklung sehr ungünstig, das 12. Jahr sehr günstig zu sein.



Kurve I. Die Durchschnittsempfindlichkeit von Knaben und Mädchen zusammen.

Kurve II. Die Vollkurve bezeichnet die Knaben und die Punktkurve die Mädchen. Im 5., 6. und 7. Jahr ist die Empfindlichkeit der Mädchen größer als die der Knaben, dann werden die Mädchen von den Knaben überholt.



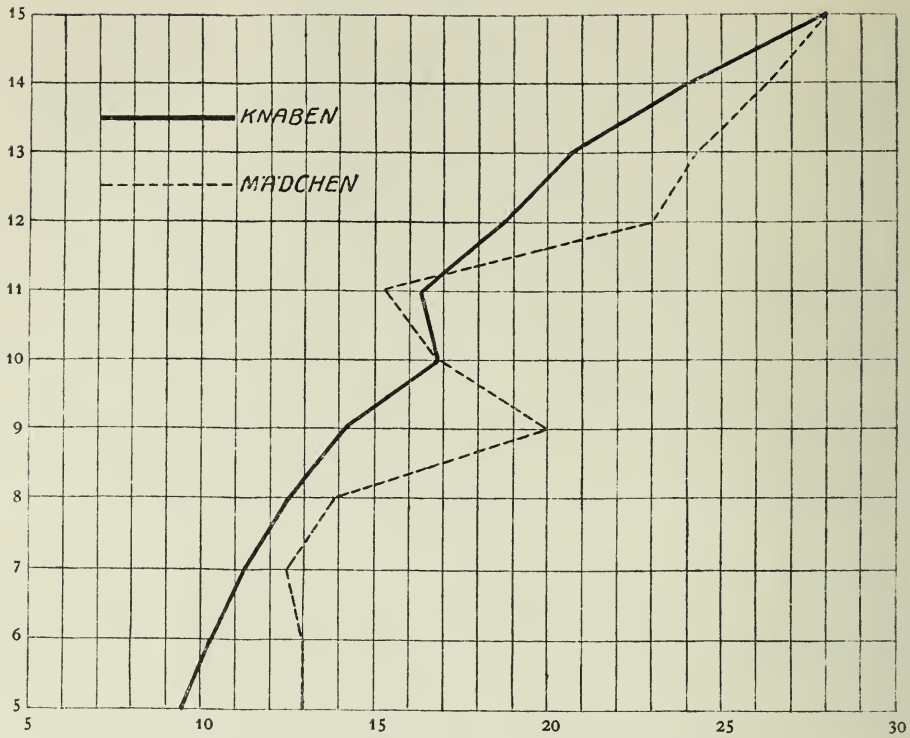
Kurve II. Empfindlichkeit und Alter. Die Durchschnittsempfindlichkeit der Knaben im Vergleich zu den Mädchen.

Kurve III. Rot. (Seite 46.) Die Entwicklung der Empfindlichkeit bei den Knaben und Mädchen tritt deutlich hervor. Die Mädchen zeigen eine viel bessere Leistung als die Knaben.

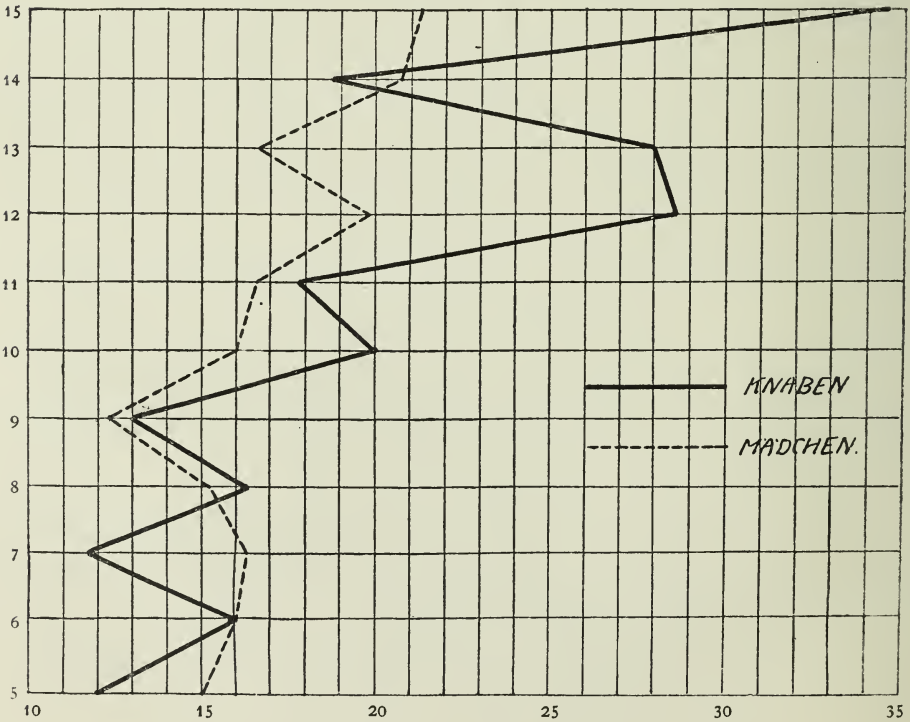
Das 11. Jahr scheint ungünstig zu sein.

Kurve IV. Blau. (Seite 46.) Hier wieder ist die Empfindlichkeit größer geworden mit zunehmendem Alter, aber die Entwicklung während der Schulzeit ist nicht so groß als bei Rot.

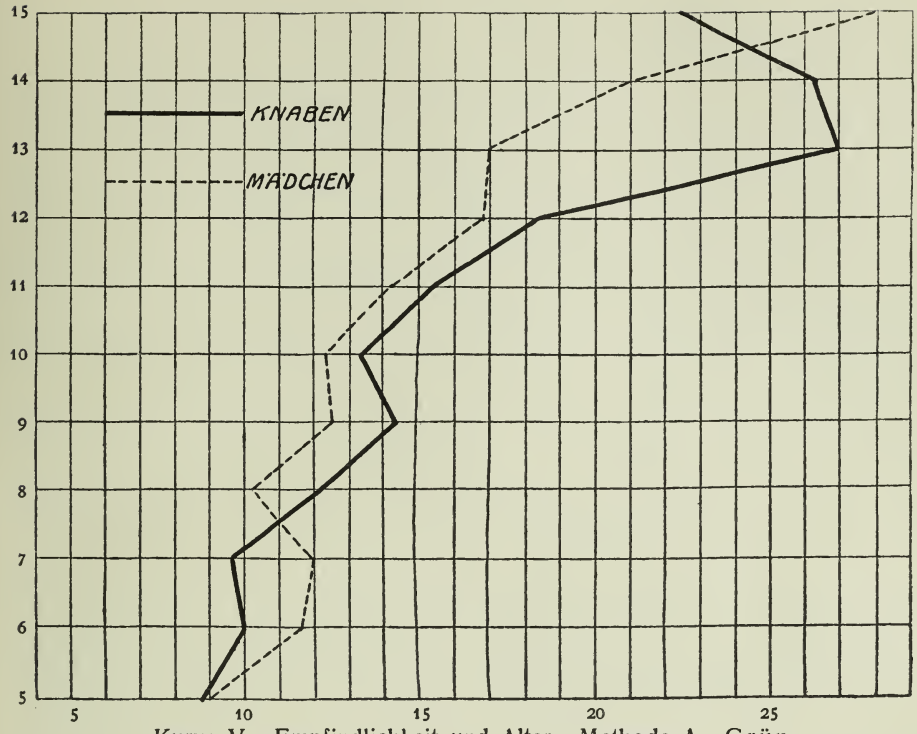
Die Knaben zeigen bessere Leistungen als die Mädchen; die Mädchen aber sind wieder im 5., 6. und 7. Jahre den Knaben voraus. Die Blaukurve verläuft sehr unregelmäßig.



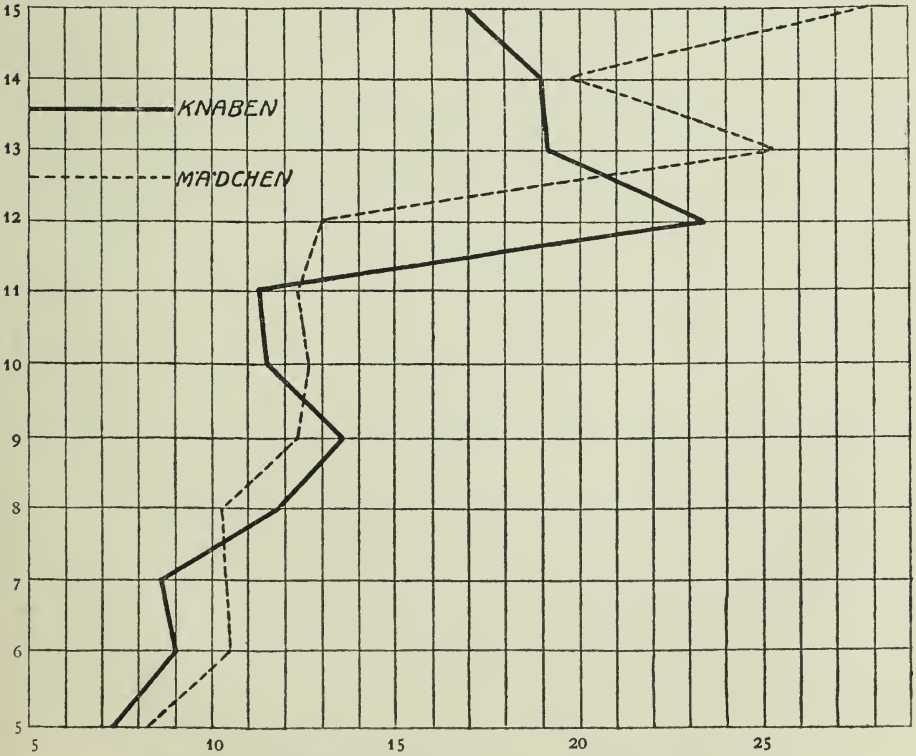
Kurve III. Empfindlichkeit und Alter. Methode A. Rot.



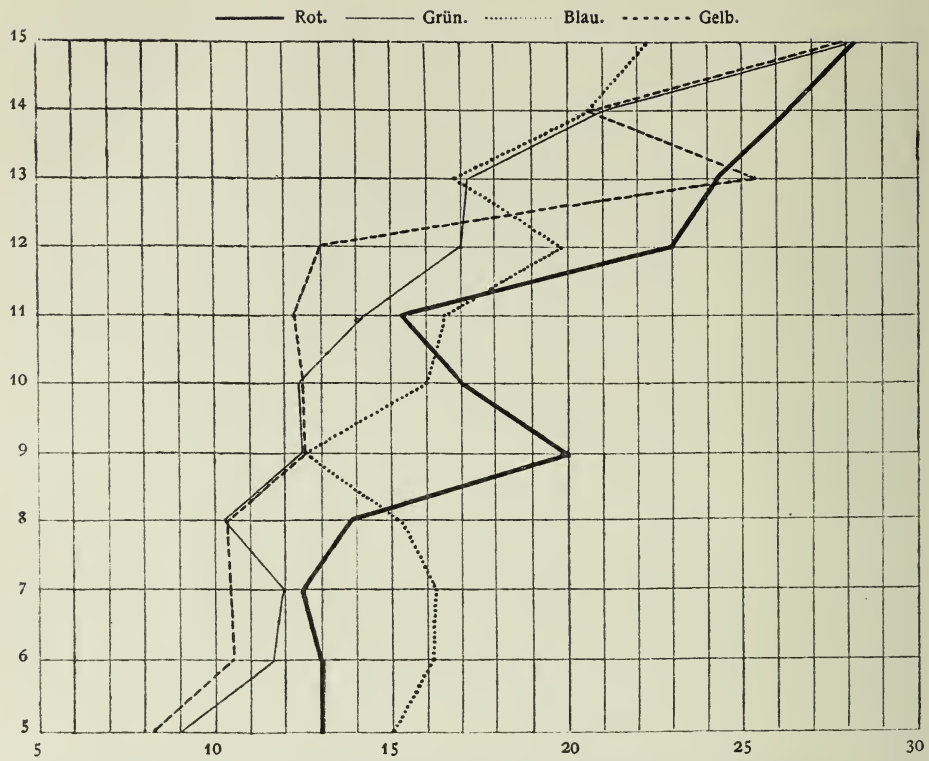
Kurve IV. Empfindlichkeit und Alter. Methode A. Blau.



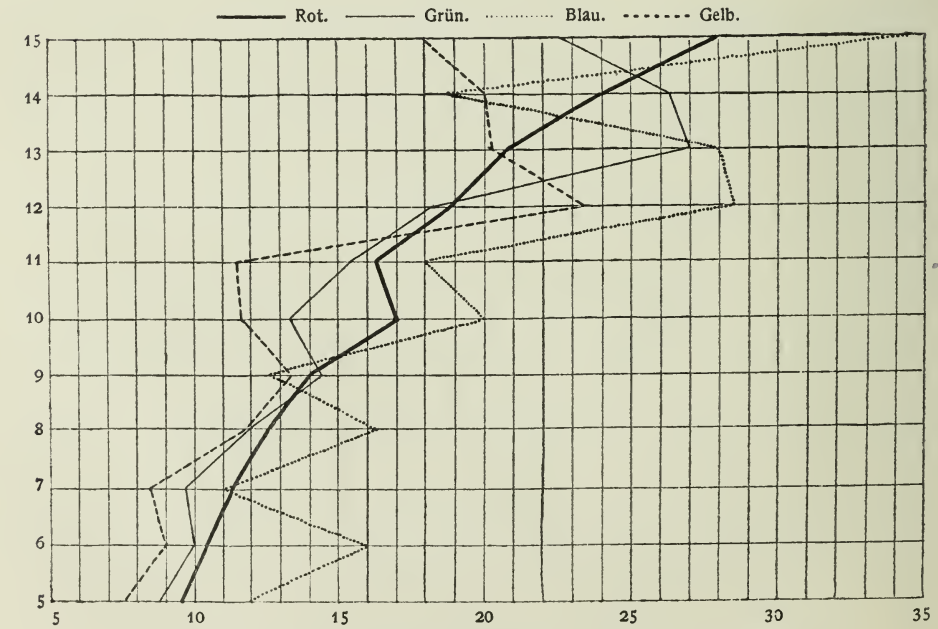
Kurve V. Empfindlichkeit und Alter. Methode A. Grün.



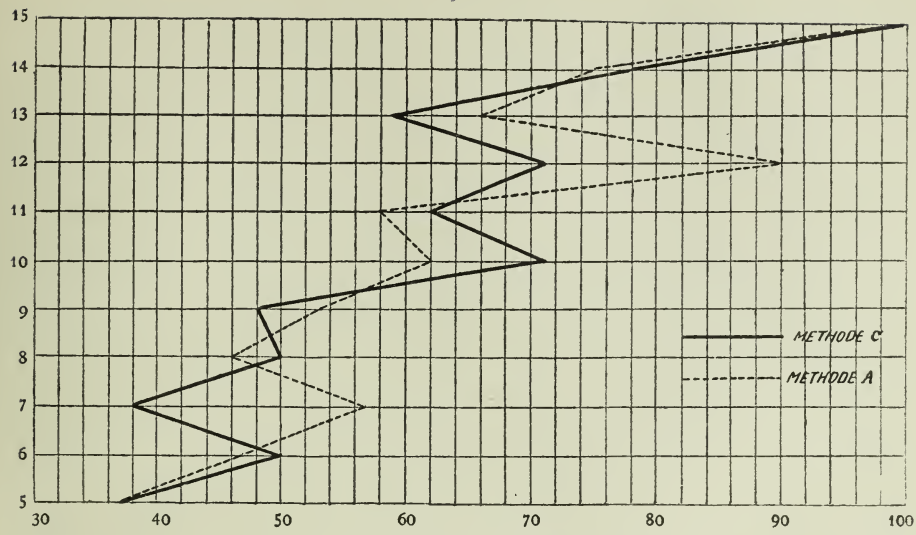
Kurve VI. Empfindlichkeit und Alter. Methode A. Gelb.



Kurve VII. Empfindlichkeit und Alter. Methode A. Mädchen.



Kurve VIII. Empfindlichkeit und Alter. Methode A. Knaben.



Kurve IX. Alter und Zuverlässigkeit.

Kurve V. Grün. (Seite 47.) Die Empfindlichkeit entwickelt sich merklich mit zunehmendem Alter. Die Mädchen sind wieder empfindlicher im 5., 6. und 7. Jahre; im allgemeinen aber zeigen die Knaben günstigere Werte.

Kurve VI. Gelb. (Seite 47.) Obwohl der Verlauf der Kurven nicht so regelmäßig wie bei Rot und Grün ist, kann man doch auch eine zunehmende Empfindlichkeit konstatieren.

Kurve VII (Seite 48) zeigt die Reihenfolge, in der die Farben bei den Mädchen am leichtesten wahrgenommen werden. Sie ist Rot, Blau, Grün, Gelb. Während des 5., 6. und 7. Jahres aber folgen Blau, Rot, Grün, Gelb nacheinander.

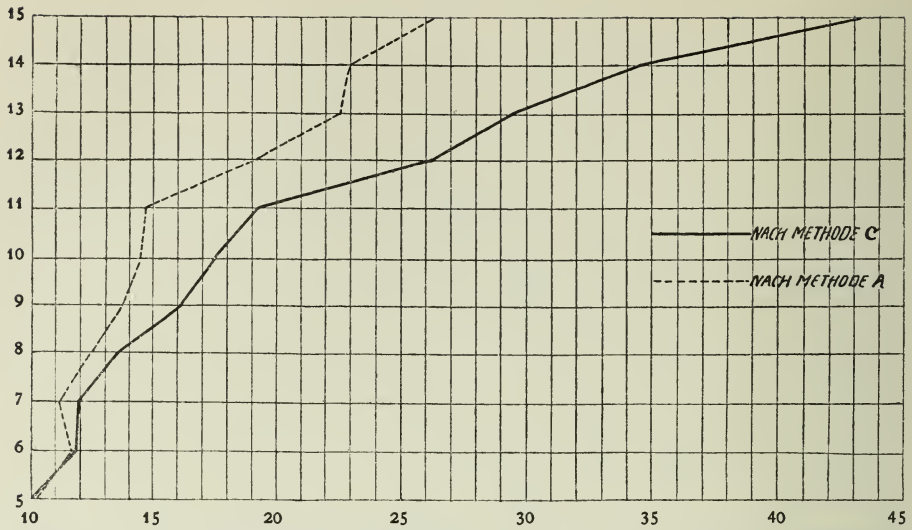
Kurve VIII. (Seite 48.) Für Knaben ist die Reihenfolge fast immer Blau, Rot, Grün, Gelb.

Kurve IX. (Seite 49.) Die Punktkurve zeigt, wie (nach Methode A) die Zuverlässigkeit mit dem Alter zunimmt.

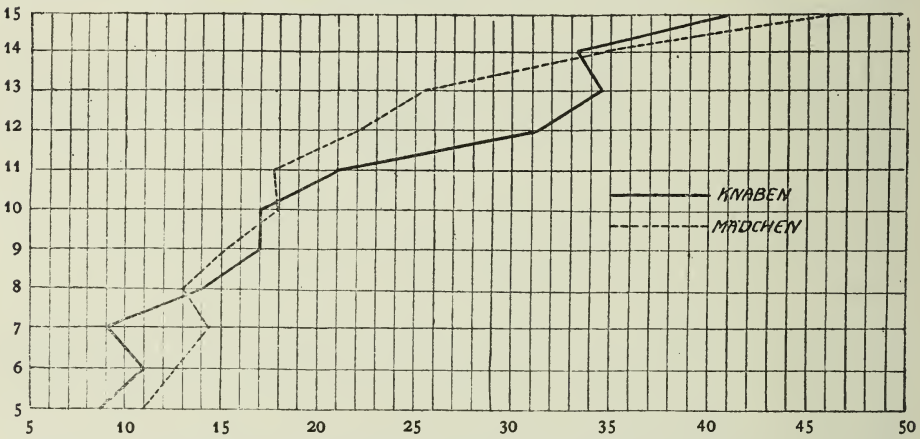
Die Durchschnittszuverlässigkeit der Erwachsenen ist mit 100 bezeichnet, so daß man die Zuverlässigkeit eines Kindes bezüglich dieses Normalmaßes berechnen kann.

Die nach der Methode C erhaltenen Kurven. Hier ist wie bei den voranstehenden Kurven die mit zunehmendem Alter sich bemerkbar machende Entwicklung der Empfindlichkeit für Farben veranschaulicht.

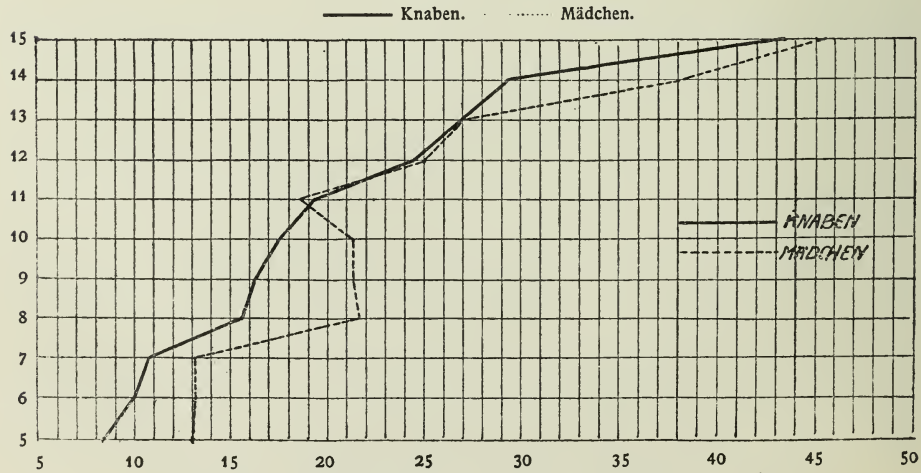
Kurve X. (Seite 50.) Die Form der Kurve ist etwas ähnlich der Kurve nach Methode A, aber die Entwicklung mit dem Alter ist hier viel größer. Zum Vergleich ist die Kurve nach Methode A mit eingezeichnet.



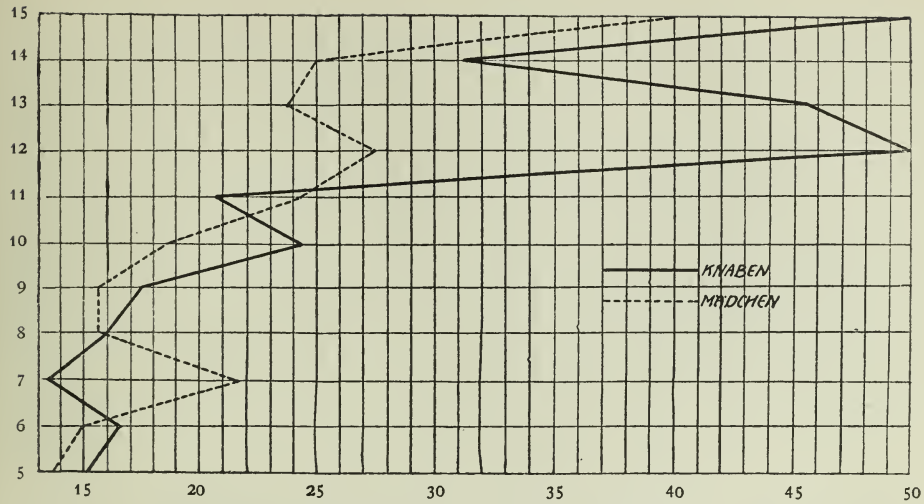
Kurve X. Die Durchschnittsempfindlichkeit für Knaben und Mädchen zusammen.



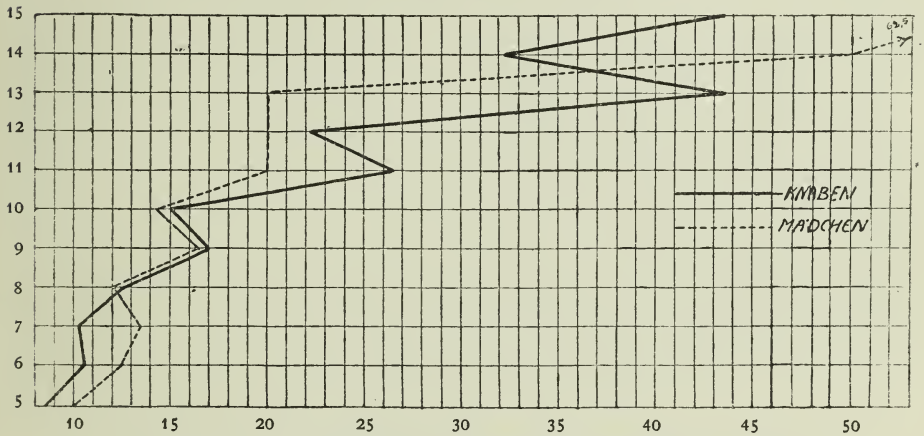
Kurve XI. Empfindlichkeit und Alter. Die Durchschnittsempfindlichkeit der Knaben im Vergleich zu den Mädchen.



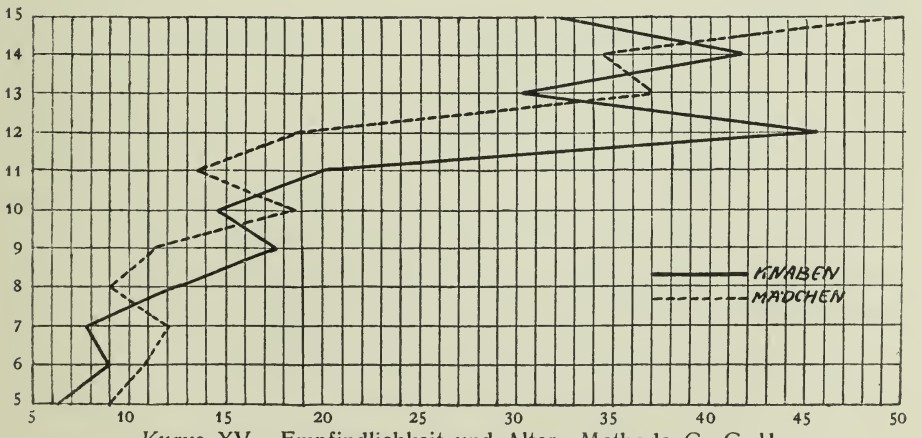
Kurve XII. Empfindlichkeit und Alter. Methode C. Rot.



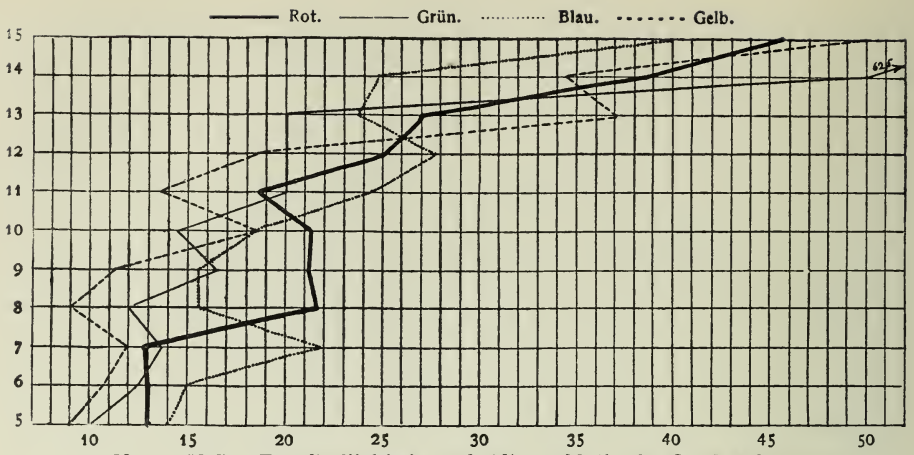
Kurve XIII. Empfindlichkeit und Alter. Methode C. Blau.



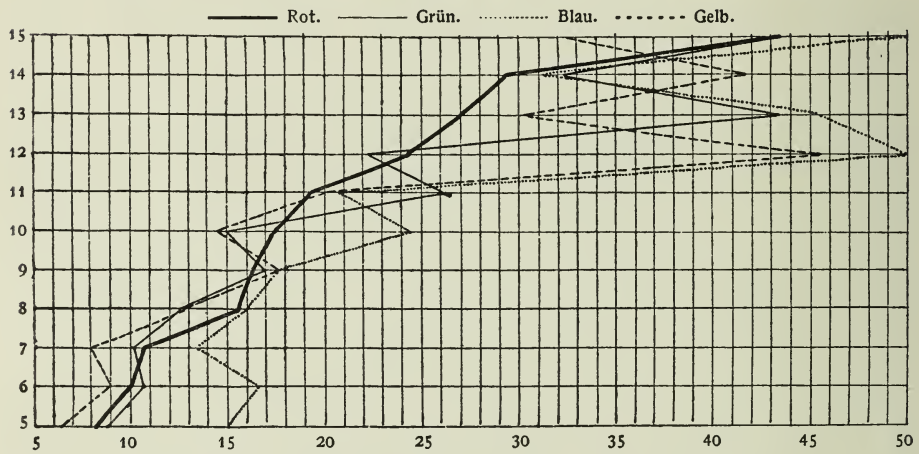
Kurve XIV. Empfindlichkeit und Alter. Methode C. Grün.



Kurve XV. Empfindlichkeit und Alter. Methode C. Gelb.



Kurve XVI. Empfindlichkeit und Alter. Methode C. Mädchen.



Kurve XVII. Empfindlichkeit und Alter. Methode C. Knaben.

Kurve XI. (Seite 50.) Dasselbe Ergebnis wie nach Methode A. (Siehe Kurve II.)

Kurve	XII (Seite 50)	Rot	siehe Kurve	III
„	XIII (Seite 51)	Blau	„	„	IV
„	XIV (Seite 51)	Grün	„	„	V
„	XV (Seite 51)	Gelb	„	„	VI
„	XVI (oben)	. . . .	„	„	VII
„	XVII (oben)	. . . .	„	„	VIII.

Kurve IX. (Seite 49.) Die Vollkurve zeigt wie (nach Methode C) die Zuverlässigkeit mit dem Alter zunimmt. Die 5. (?), 7., 9., 11. und 13. Jahre zeigen Minima und die 6., 8., 10. und 12. Jahre Maxima der Zuverlässigkeit. Die zwei Kurven stimmen miteinander ziemlich gut überein.

Hier wie in Methode A ist die Durchschnittszuverlässigkeit der Erwachsenen mit 100 bezeichnet. In Wirklichkeit aber sind die Variationen bei Methode A viel größer als bei Methode C, was nachher noch erwähnt

werden wird. Was aber bei dieser Kurve von Wichtigkeit ist, das ist nicht die absolute Größe der Variationen, sondern ihre relative Größe, d. h. wie sie mit zunehmendem Alter sich vermindern.

3. Das Verfahren mit vierjährigen Kindern.

Da bei den vierjährigen Kindern das Untersuchungsverfahren nicht dasselbe wie bei den anderen Kindern war, erschien es auch nicht zweckmäßig, die erhaltenen Werte in die Tabellen einzuführen. Das methodische Verfahren war folgendes: Ein älteres Geschwister des vierjährigen Kindes saß bei ihm, um die Urteile des Kindes dem Experimentator mitzuteilen, sowie um die Schüchternheit des Kindes zu überwinden und es auch öfters zu fragen, was es gesehen hat. Dabei mußte besonders Sorge getragen werden, daß der Vp. nicht geholfen wurde.

Zuerst wurde die Holmgrensche Probe durchgeführt; dann wurden verschiedene Reize, etwa 30°, 3°, 25°, 5° usw., dargeboten, um festzustellen, ob das Kind fähig ist, zwischen deutlich verschiedenen Reizen zu unterscheiden und sie zu benennen. Darauf wurde nach Methode A 5mal das absteigende und 5mal das aufsteigende Verfahren in regelmäßigem Wechsel angewandt. Bei der nun folgenden Methode C betrugen die Reizdifferenzen aber 2° statt 1° wie gewöhnlich, und ein Reiz wurde nur zweimal gegeben. Endlich wurde auch versucht, die Methode C mit einer Reizdifferenz von 1° zu benutzen; ein Reiz wurde dann aber höchstens 5mal wiederholt.

Ergebnisse: Bei der Holmgrenschen Probe hat ein Knabe ganz helles Blau, ganz helles Gelb und helles Grau zusammengelegt und sie weiß genannt; ebenso hat er dunkleres Rot, dunkleres Grau und dunkleres Gelb zusammengelegt und braun benannt. Sonst wurden die roten, blauen, grünen und gelben Fäden richtig sortiert.

Bei dem anderen Knaben war die Farbenbenennung mangelhafter. Rot, Blau und Gelb waren ihm bekannt, Grün aber wurde Braun genannt, bis er durch Übung die richtige Bezeichnung gelernt hatte.

Dunkelrot, Grau und ganz helles Blau wurden als braun bezeichnet.

Das eine Mädchen hat die Fäden richtig sortiert; das andere Mädchen war sehr schüchtern, und das Sortieren war ihm eine schwere Aufgabe. Es hat aber doch ein paar rote, blaue, grüne und gelbe Fäden richtig zusammengelegt. Die Namen der vier Hauptfarben waren dem Mädchen anfangs noch nicht bekannt.

Das Verfahren mit Rot ist bei allen Vierjährigen anwendbar, und 5 verschiedene Reize, etwa 7°, 8°, 9°, 10°, 11° genügen wie bei älteren Kindern, um bei 7° immer die Urteile grau und bei 11° immer rot zu erhalten.

Das Verfahren mit Grün und Gelb dagegen war bei ihnen sehr schwer durchzuführen, obwohl die Reizdifferenzen 2° betrugen. Nicht ganz so schwer als mit Grün und Gelb war das Verfahren mit Blau.

In der folgenden Tabelle sind die erhaltenen Schwellenwerte wiedergegeben.

Tabelle 8.

	Rot		Blau		Grün		Gelb	
	Meth. A σ	Meth. C σ	Meth. A σ	Meth. C σ	Meth. A σ	Meth. C σ	Meth. A σ	Meth. C σ
Knabe 1. *G.*	9,4	10,2	8,8	10,1	6,3	9,1	12,8	9,0
Knabe 2. *N.*	11,4	9,1	9,5	9,0	12,6	17,0	15,6	24,0
Mädchen 1. *Z.*	11,2	10,7	7,5	5,8	9,8	9,0	14,6	13,5
Mädchen 2. *G.*	11,9	10,5	9,3	10,0	9,5	9,0	16,8	13,0

Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen, daß Blau am leichtesten wahrgenommen wird und Gelb sicher als die schwierigste Farbe gelten muß.

Obwohl die Versuche so kurz wie möglich bemessen waren, und obwohl zwei Kinder sehr gut beanlagt zu sein schienen, war es schwer, die Aufmerksamkeit während des ganzen Versuchs gespannt zu erhalten. Infolgedessen sind die Schwankungen der Urteile bedeutend. Bei dieser Art von Versuchen scheint ungefähr die Grenze zu liegen, wo Kinder auch sehr jugendlichen Alters als zuverlässige Versuchspersonen gebraucht werden können.

4. Ein Vergleich der zwei Methoden A und C.

Obwohl die Ergebnisse nach beiden Methoden sehr gut übereinstimmen, sind doch zwei auffallende Unterschiede zu beobachten. Zunächst sieht man, daß die Schwellenwerte bei ganz jungen Kindern nach beiden Methoden ungefähr dieselben sind; mit zunehmendem Alter aber macht sich ein Unterschied zwischen den Schwellenwerten beider Methoden bemerkbar. Die Schwellenwerte nach der Methode C sind kleiner als die nach der Methode A, und dieser Unterschied nimmt stets mit dem Alter zu, so daß bei 12-, 13- und 14jährigen Kindern, sowie bei Erwachsenen der Unterschied zwischen beiden Schwellenwerten ganz bedeutend geworden ist. Daß die Schwellenwerte nach beiden Methoden völlig gleich seien, kann man kaum erwarten, da die psychischen Zustände bei beiden Methoden nicht dieselben sind. Bei Methode A betrachtet außerdem die Vp. die Scheibe eine erheblich längere Zeit als bei Methode C, wo die Urteile fast sofort gegeben werden. Es hängt dies davon ab, daß der Reiz bei Methode A während der Rotation kontinuierlich verändert wird. Infolgedessen treten erheblich größere Schwankungen der Aufmerksamkeit bei Methode A als bei Methode C auf, obwohl bei erster die Beobachtungszeit länger ist. Die längere Expositionszeit ist auch der Grund der intensiveren Nachbilder bei Methode A.

Endlich ist auch bei Methode A die Reaktionszeit der Vp. sowie des Experimentators von Einfluß. Es dauert eine gewisse Zeit, bevor die Vp. auf den Reiz reagiert (d. h. urteilt), und ebenso vergeht ein gewisser Zeit-

raum, bevor der Experimentator reagiert (d. h. aufhört, die Schraube zu drehen). Bis zu diesem Zeitpunkte aber wurde die Scheibe kontinuierlich verändert. Die beiden Reaktionszeiten wirken hier in derselben Richtung, beide werden also die Abstiegsschwellenwerte zu klein und die Aufstiegsschwellenwerte zu groß machen. Da der ausgerechnete Schwellenwert das arithmetische Mittel aus Aufstiegs- und Abstiegsschwellenwert ist, können alle diese Ursachen den Unterschied zwischen den Schwellenwerten beider Methoden nicht genügend erklären. Man dürfte vielleicht anführen, daß die Methode C mit jedem Kinde erst dann angewendet wurde, wenn es die Versuche nach Methode A durchgemacht hatte. Die älteren Kinder hätten also durch Übung die Resultate mehr verändert als die jüngeren Kinder. Das aber scheint ausgeschlossen, da die Schwellenwerte in den Einübungsversuchen zur Methode C ebenso klein als in den Hauptversuchen sind. Dann bliebe noch die folgende Erklärung: Bei der Methode C, wo der Reiz konstant bleibt, ist es leichter, in den Versuchsverlauf hineinzulesen als bei Methode A, wo der Reiz kontinuierlich verändert wird; und diese Fähigkeit des Hineindeutens nimmt zu, je älter die Kinder werden, so daß bei Methode C die Gefahr besteht, daß die Schwellenwerte allgemein mit steigendem Alter zu niedrig werden.

Das wenigstens sieht man, daß ein Unterschied der Schwellenwerte von 1^0 von mehr Einfluß auf die Kurven bei älteren als bei jüngeren Kindern ist, da die Schwellenwerte bei älteren Kindern viel geringer sind. Wenn man die Schwellenwerte nach Methode C um etwa 1^0 bis $1{,}5^0$ vermehrt, dann werden die Werte nach beiden Methoden ziemlich gleich sein.

Die Streuung der Urteile ist bei der Methode A etwa viermal so groß als bei Methode C. Diese Erscheinung ist leicht zu erklären. Da die Schwankungen der Aufmerksamkeit hier größer sind, und der Experimentator die Schraube nicht immer mit genau derselben Geschwindigkeit drehen kann, müssen merklichere Schwankungen der Urteile eintreten. Was aber hier von großer Wichtigkeit ist, das ist nicht die absolute Größe der Schwankungen, sondern ihre relative Größe. Mit anderen Worten: Gehen die Schwankungen nach beiden Methoden miteinander parallel? In Kurve IX (Seite 49) ist die Durchschnittszuverlässigkeit der Erwachsenen bei jeder Methode mit 100 bezeichnet, und man sieht, daß die Kurven nach beiden Methoden sehr ähnlich sind. Daraus geht hervor, daß die Ursachen der Schwankungen in beiden Methoden mehr oder weniger qualitativ dieselben sein müssen.

5. Die genauere Diskussion der Ergebnisse.

Da die Resultate nach beiden Methoden ziemlich übereinstimmend sind, können auch die oben erwähnten Probleme näher untersucht und ihrer Lösung entgegengeführt werden. Die Ergebnisse sollen zunächst unter

zwei Gesichtspunkten betrachtet werden, je nachdem sie mehr mit der Empfindlichkeit oder mehr mit der Zuverlässigkeit verknüpft sind.

a) Die Entwicklung der Empfindlichkeit.

1. Die Entwicklung der Empfindlichkeit mit zunehmendem Alter ist ganz deutlich zu ersehen. Nach Methode A ist die Empfindlichkeit beim Schuleintritt etwa 0,10 und am Ende der Schulzeit etwa 0,22; während der Schulzeit ist sie also doppelt so fein geworden. Nach Methode C sind die entsprechenden Zahlen 0,11 und 0,34; die Empfindlichkeit hat sich nach dieser Methode verdreifacht.

2. Im 5., 6. und 7. Jahre besitzen die Mädchen eine größere Empfindlichkeit als die Knaben, nachher aber zeigen die Knaben die bessere Leistung. Es ist aber wahrscheinlich, daß die Frauen wieder besser farbenempfindlich als die Männer sind. Um das genau festzustellen, wäre es nötig, mehr Erwachsene als Versuchspersonen zu nehmen, da die Empfindlichkeit bei Erwachsenen große individuelle Unterschiede zeigt.

3. Das 7. und 11. Jahr scheinen für die Entwicklung der Farbenempfindlichkeit ungünstig, die drei letzten Schuljahre aber günstig zu sein, insbesondere das 12. Jahr nimmt eine bevorzugte Stelle ein.

4. Die Knaben scheinen besser als die Mädchen imstande zu sein, eine geringere Menge einer kalten Farbe (Blau und Grün) wahrzunehmen; die Mädchen aber leisten mit warmen Farben (Rot und Gelb) Besseres.

5. Der Verlauf der Rot- und Grünkurven (Kurve III, V, XII, XIV; Seite 46, 47, 50, 51) zeigt eine gewisse Ähnlichkeit, ebenso der der Blau- und Gelbkurven (Kurve IV, VI, XIII, XV; Seite 46, 47, 51, 51). Das kann dadurch erklärbar sein, daß die Leistung der Kinder für Rot parallel mit der Leistung für die komplementäre Farbe Grün geht, und daß dieselbe Parallele zwischen Blau und dem komplementären Gelb besteht.

Die Kurven für Rot und Grün haben einen regelmäßigeren Verlauf als die für Blau und Gelb. Wahrscheinlich liegt der Grund darin, daß bei Blau das gleichzeitig angewandte Grau bei manchen Versuchspersonen die Empfindung graublau aufkommen ließ. Es ist sehr schwer, ein Grau von derselben Helligkeit wie das Blau herzustellen, ohne daß es etwas bläulich aussieht.

Bei Gelb aber liegt die Sache anders. Es kann sein, daß die herrschende Beleuchtung, die immer etwas gelblich ist, einen störenden Einfluß hat. Soviel ist sicher, daß bei Gelb die Schwellenwerte von manchen Kindern viel schwerer als bei den anderen Farben gefunden wurden; bei anderen Kindern aber war das nicht der Fall, so daß die Unregelmäßigkeit in der Gelbkurve nicht überraschend ist.

6. Die Schwierigkeitsfolge, in der die verschiedenen Farben wahrgenommen werden, ist im großen und ganzen Rot, Blau, Grün, Gelb bei den Mädchen und Blau, Rot, Grün, Gelb bei den Knaben. Während des

4., 5., 6. und 7. Jahres aber ist die Empfindlichkeit für Blau bedeutend größer als für alle anderen Farben und die für Gelb geringer.

7. Die Begabung eines Kindes, wie sie in den Schulzensuren ausgedrückt ist, scheint unabhängig von den Schwellenwerten zu sein.

8. Beim Schuleintritt zeigt sich schon eine gewisse Entwicklung der Farbenempfindlichkeit, die aber nicht groß ist. Hierbei ist in Betracht zu ziehen, ob die Kinder schon eine Spielschule besucht haben oder nicht.[1])

b) Familiäre Anlagen für Farbenempfindungen.

Unter den Versuchspersonen waren viele Geschwister, und es ist nun interessant, festzustellen, ob eine größere oder geringere Leistung bezüglich einer bestimmten Farbe oder mehrerer Farben bei Geschwistern parallel läuft. Als Normalmaß für die Empfindlichkeit eines Kindes bestimmten Alters für eine bestimmte Farbe war die Durchschnittsempfindlichkeit der vier Kinder dieses Alters für diese Farbe genommen. Man kann daher feststellen, ob die Empfindlichkeit eines Kindes für eine bestimmte Farbe größer oder geringer als das entsprechende Normalmaß ist, und ob Kinder aus derselben Familie gewisse Ähnlichkeiten zeigen. Freilich wird der Vergleich etwas grob, da die Empfindlichkeit von Kindern desselben Alters für eine bestimmte Farbe manchmal sehr verschieden ist, und die Empfindlichkeit der Knaben wieder sehr verschieden von der der Mädchen desselben Alters sein kann. Der Vergleich würde genauer sein, wenn mehr Versuchspersonen vorhanden gewesen wären, so daß sich das Normalmaß genauer bestimmen ließe. Eine gewisse Kontrolle aber ist dadurch gegeben, daß die Resultate nach Methode A mit denen nach Methode C übereinstimmen. Folgende Resultate wurden gefunden. „Größer" (bezüglich „geringer") bedeutet, daß die Empfindlichkeit jedes Geschwisters größer (bezüglich geringer) als das Normalmaß für die entsprechende Farbe ist.

1. Die Geschwister *Z.*: ein 5- und ein 9jähriges Mädchen und ein 10jähriger Knabe.
   Alle geringer für Grün.
   Alle größer für Blau.
   Keine vollständige Übereinstimmung für Rot und Gelb.
2. Die Geschwister *M.*: 3 Knaben, 6, 8 und 11 Jahre alt.
   Alle geringer für Rot und für Grün.
   Alle größer für Blau und für Gelb.
3. Die Geschwister *R.*: ein 7- und ein 11jähriger Knabe, ein 12jähriges Mädchen.
   Alle geringer für Gelb (und vielleicht auch für Blau).
4. Die Geschwister *H.*: ein 8- und ein 12jähriges Mädchen.
   Beide geringer für Blau und für Gelb.
   Beide größer für Rot. Unbestimmt für Grün.

---

[1]) Es war festgestellt, wie viele der Schulkinder einen Kindergarten, eine Spielschule oder eine andere Anstalt vor der Schulzeit besucht hatten. Die Zahl war gering: vier Mädchen und zwei Knaben. Es läßt sich daher kein Schluß ziehen, wie groß der Einfluß einer Spielschule in dieser Hinsicht ist.

5. Die Geschwister *W.*: ein 8- und ein 10jähriges Mädchen.
   Beide größer für Blau.
   Keine Übereinstimmung in den anderen Farben.
6. Die Geschwister *O.*: ein 8jähriger Knabe und ein 11jähriges Mädchen.
   Beide geringer für Rot.
   Beide größer für Blau.
7. Die Geschwister *G.*: ein 4- und ein 6jähriger Knabe.
   Beide größer für Rot.
   „ „ „ Blau.
   „ „ „ Grün.
   „ „ „ Gelb.
8. Die Geschwister *S.*: ein 12- und ein 14jähriger Knabe.
   Beide größer für Blau und für Gelb.
   Keine Übereinstimmung für Rot und Grün.
9. Die Geschwister *Z.*: ein 4- und ein 13jähriges Mädchen.
   Beide größer für Gelb.
   Keine Übereinstimmung für die anderen Farben.
10. Die Geschwister *M.*: ein 5jähriger Knabe und ein 7jähriges Mädchen.
    Keine Übereinstimmung. Wahrscheinlich beide größer für Rot und für Grün.

Es zeigt sich ferner, daß die Resultate aus den A-Tabellen sehr gut mit denen der C-Tabellen übereinstimmen. Dieselben Tabellen berechtigen auch zu der Annahme, daß Geschwister sehr oft nicht nur bis zu einem gewissen Grade gleiche Empfindlichkeiten für bestimmte Farben besitzen, sondern daß sehr oft auch die Empfindlichkeiten für Rot und für Grün, sowie für Blau und für Gelb parallel gehen. Vermutlich besteht ein Zusammenhang in dem Sinne, daß, wenn die Empfindlichkeit für Rot oder Grün oder für Rot und Grün „größer", die Empfindlichkeit für Blau oder Gelb oder Blau und Gelb „geringer" ist. Nur bei einem Geschwisterpaar ist die Empfindlichkeit für alle Farben „größer". In diesem Sinne also würde die Mehrzahl der Kinder in einem geringen Grade eine Farbenschwäche[1]) zeigen. Mit anderen Worten: wenn die Empfindlichkeit eines Kindes für eine gewisse Farbe (oder Farben) unter dem Normalmaß steht, kann man es bezüglich dieser Farbe (oder Farben) als „farbenschwach" bezeichnen, und es scheint sehr unwahrscheinlich, daß die Empfindlichkeit eines Kindes für alle Farben dem Normalmaß entspricht.[2]) Aus den vorliegenden Resultaten darf man daher als Folgerung konstatieren, daß sich mittels des von uns angewandten Apparates und der benutzten Methoden eine genaue und tiefgreifende Auskunft über die Leistung der chromatischen Gesichtsorgane erzielen läßt.

---

[1]) Vgl. Guttmann, Untersuchungen an sogenannten Farbenschwachen, Bericht über den I. Kongreß für experimentelle Psychologie, 1904, S. 14. Der Ausdruck „Farbenschwäche" ist hier der übliche.

[2]) Vgl. Meumann, Vorlesungen, Bd. I, S. 358.

c) Die Entwicklung der Zuverlässigkeit.

1. Nicht weniger deutlich bemerkbar ist die Entwicklung der Zuverlässigkeit der Urteile über den Grad minimaler Sättigung mit zunehmendem Alter. Die Zuverlässigkeit, die nach Methode A und nach Methode C bestimmt wurde, ist fast doppelt so groß am Ende der Schulzeit wie am Anfange, und die Durchschnittszuverlässigkeit der Fünfjährigen beträgt etwa 37% von der der vier Erwachsenen. Das 11. Jahr scheint für die Entwicklung der Zuverlässigkeit ungünstig zu sein, ebenso das 13.; das 12. und 14. aber sind günstig. Die Zuverlässigkeit der Mädchen ist nach Methode C fast immer besser als die der Knaben; nach Methode A sind die Mädchen nur etwas im Vorteil.

2. Die Begabung eines Kindes, wie sie die Schulzensuren angeben, scheint unabhängig von der Zuverlässigkeit zu sein.

Wenn die Schwellenwerte eines Kindes mit ihrer Streuung verglichen werden, sieht man, daß es vier Typen gibt:

die	mit	großen	Schwellenwerten	und mit	großer Streuung
„	„	großen	„	„ „	geringer „
„	„	geringen	„	„ „	geringer „
„	„	geringen	„	„ „	großer „

3. Es war schwer, mit Methode A bei 4- und 5 jährigen Kindern die Aufmerksamkeit dauernd angespannt zu erhalten; bei Methode C war diese Schwierigkeit kaum vorhanden, da die Urteile sofort gegeben werden mußten. Eine Schwierigkeit bestand trotzdem insofern bei Methode C, als diese jungen Kinder oft nicht imstande waren, zwischen den verschiedenen dargebotenen Reizen zu unterscheiden, da der Abstand zwischen den Reizen bloß 1° betrug. Wenn aber der Abstand 2° war, wurde die Methode C bedeutend leichter.

Bei fast allen Kindern waren bei jeder Farbe die Abstiegsschwellenwerte S_1 nach der Methode A geringer als die Aufstiegsschwellenwerte S_2, wie ja zu erwarten war; d. h. wenn

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2},$$

wird $S - S_1$ positiv.

Zwei Erwachsene fanden das aufsteigende Verfahren leichter als das absteigende. Wenn also die Scheibe von Grau ins Farbige übergeht, ist es leichter, ein bestimmtes Urteil zu geben. Beim umgekehrten Verfahren wird das Urteil durch Nachbilder etwas gestört. Die anderen zwei Erwachsenen fanden aber das absteigende Verfahren leichter.

4. Sehr lehrreich ist eine Analyse der Urteile der Kinder bei Methode C:

a) Die 4-, 5- und 6 jährigen Kinder nannten das helle Grau, das zu Gelb paßte, sowie das Grau, das mit Grün übereinstimmte, Weiß, so daß

unterschwellige Urteile bei Grün und Gelb oft als „weiß“ bezeichnet wurden.

Dieselbe Tendenz war auch bei ganz jungen Kindern bei der Holmgrenschen Probe vorhanden, wo ganz helle graue, blaue und gelbe Fäden als weiß bezeichnet wurden. Zu Anfang vermochten die Kinder nicht so viel Stufen mit ihren Farbenbenennungen zu unterscheiden.

b) Erst die 7jährigen Kinder verglichen die Scheibe mit der Umgebung (d. h. mit dem Hintergrund); und wenn die Scheibe dem Kinde ganz grau erschien, wurde ein Urteil wie, „so wie das“, gegeben. Das Kind meinte dann, die Scheibe sehe genau wie der Hintergrund aus. Die Aufmerksamkeit des Kindes hat in diesem Alter mehr räumliche Ausdehnung als früher, oder anders ausgedrückt, es sind jetzt relative Urteile vorhanden.

c) Die 7jährigen und älteren Kinder haben auf die gegebenen Instruktionen mehr aufgepaßt als die jüngeren.

d) Es ist merkwürdig, daß die Kinder nie ein unbestimmtes Urteil gegeben haben; bei Herrn *W.* und Herrn Dr. *D.* dagegen waren Urteile wie „unentschieden“, „grau bis rot“, „unbestimmt“ nicht selten.

e) Erst 12jährige Kinder verglichen einen Reiz mit dem vorhergehenden und sagten z. B.: „Jetzt ist mehr Rot wie das vorige Mal“. Bei den jüngeren Kindern kam das nie vor (außer bei einem 10jährigen Knaben ein einziges Mal). Es kann sein, daß bei den jüngeren Kindern die Erinnerungsbilder rasch verschwinden, es kann auch sein, daß sie nicht gewöhnt sind, zwei Inhalte zu vergleichen. Das würde heißen, sie haben eine sehr geringe Fähigkeit, ein Urteil zu bilden.

Bei 12-, 13- und 14jährigen Kindern ist es aber fast die Regel, „mehr Rot“ usw. zu sagen, woraus der Experimentator ersieht, daß die Urteile zuverlässig sind.

Von dem 12. Jahre an werden ferner die Worte rötlich, bläulich usw. benutzt. Diese Worte kommen bei den jüngeren Kindern nicht vor (außer dem Wort „gelblich“ einmal bei einem 8jährigen Mädchen).

Diese Analyse der Urteile stimmt also teilweise mit der Analyse der Apperzeption des Kindes überein.[1]) Anfangs achten die Kinder nur auf Gesamtwahrnehmungen, und die analysierende Tätigkeit bleibt aus; später aber werden die räumlichen und zeitlichen Beziehungen beachtet.

6. Zusammenfassung der Ergebnisse.

I. Mit zunehmendem Alter findet eine deutliche Entwicklung der Empfindlichkeit für alle Farben statt. Die Empfindlichkeit ist am Ende der Schulzeit etwa 2 bis 3mal so groß wie am Anfange. Auch eine Entwicklung der Zuverlässigkeit der Urteile über den Grad minimaler Sätti-

[1]) Meumann, Vorlesungen, Bd. I, S. 117 und Bd. II, S. 188.

gung ist mit zunehmendem Alter zu beobachten; die Zuverlässigkeit ist am Ende der Schulzeit fast doppelt so groß wie am Anfange.

II. Schon mit 5jährigen Kindern war es möglich, die psychophysischen Methoden anzuwenden, in unvollkommenerer Weise sogar mit den 4jährigen. Hier ist aber ungefähr die Grenze der Anwendbarkeit dieser Methoden.

III. Wenn die Kinder durch ein paar Darbietungen eingeübt sind, scheint eine weitere Übung die Schwellenwerte nicht mehr zu vermindern.

IV. Im 5., 6. und 7. Jahre besitzen die Mädchen eine größere Empfindlichkeit als die Knaben, nachher sind die Verhältnisse umgekehrt. Die Zuverlässigkeit der Mädchen ist im allgemeinen größer als die der Knaben.

V. Die Knaben haben im allgemeinen eine größere Empfindlichkeit für Blau und Grün als die gleichaltrigen Mädchen. Für Rot und Gelb aber ist die Empfindlichkeit bei den Mädchen größer.

VI. Die Reihenfolge, in der die verschiedenen Farben am leichtesten wahrgenommen werden, ist Rot, Blau, Grün, Gelb bei Mädchen, Blau, Rot, Grün, Gelb bei Knaben.

Während des 4., 5., 6. und 7. Jahres ist die Empfindlichkeit für Blau bei Knaben und Mädchen größer als für die anderen Farben; für Gelb ist die Empfindlichkeit geringer als für die anderen Farben.

VII. Im allgemeinen gehen die Empfindlichkeiten für die komplementären Farben miteinander parallel, d. h. Rot parallel mit Grün, Blau mit Gelb.

VIII. Beim Schuleintritt ist eine Entwicklung der Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit (die aber nicht groß ist) zu konstatieren. Das 7. und 11. Lebensjahr ist im allgemeinen der Entwicklung der Farbenempfindlichkeit ungünstig; die drei letzten Schuljahre, insbesonders das 12. Jahr dagegen, sind günstig. Dazu muß ergänzend bemerkt werden, daß das 13. Jahr als ungünstig für die Zuverlässigkeit gefunden wurde.

IX. Die Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit scheinen unabhängig von der Intelligenz zu sein, die durch die Schulzensuren angegeben wird.

X. Gewisse familiäre Anlagen machen sich bemerkbar.

Bei dem Vorversuche wurde noch gefunden, a) daß, wenn die farbige Scheibe mit einer schwarz-weißen veränderlichen Scheibe in bezug auf die Helligkeit verglichen werden soll, der weiße Sektor größer ist, wenn die farbige Fläche die äußere ist. Liegt die farbige Fläche zu innerst, dann ist der weiße Sektor kleiner als vorher. In beiden Fällen aber werden bei der Rotation die Flächen als gleich empfunden.

b) Die Abhängigkeit der Schwellenwerte von Kontrasterscheinungen und von der Instruktion des Versuchsleiters ist unzweifelhaft.

7. Schlußbemerkungen.

Da nicht nur die Empfindlichkeit, sondern auch die Zuverlässigkeit der Urteile mit dem Alter zunimmt, ist es wahrscheinlich, daß psychologische Faktoren einen Einfluß auf die Schwellenwerte ausüben. Demgegenüber muß aber erwähnt werden, daß die Schwellenwerte durch Übung nicht merklich verfeinert worden sind. So ist es auch wohl möglich, daß man hier mit einer physiologischen Entwicklung der Organe zu rechnen hat. Es ist noch nicht nachgewiesen, wann diese Prozesse vollkommen sind. Um diese Probleme weiter zu verfolgen, können zwei Verfahren eingeschlagen werden:

1. Dieselbe Untersuchung müßte mit taubstummen Kindern[1]) durchgeführt werden. Wenn die Schwellenwerte bei ihnen geringer sind, könnte man vielleicht vermuten, daß bei solchen Kindern die Aufmerksamkeit übernormal entwickelt ist. In dieser Weise ließe sich vielleicht der Einfluß der psychologischen Faktoren feststellen.

2. Es müßte eine Untersuchung über die Unterschiedsschwelle unternommen werden. Wenn die psychologischen Faktoren hier von größerer Wichtigkeit als bei der Reizschwellenbestimmung sind, würde sich auch der Einfluß der Übung stärker bemerkbar machen.

---

[1]) Diese Untersuchung wird gegenwärtig von Herrn C. Schleif im Institute des Leipziger Lehrervereins vorgenommen.

Literaturverzeichnis.

Aars, Der ästhetische Farbensinn bei Kindern, Zeitschrift für pädag. Psychologie, Band 1, 1899.

Baldwin, Mental Development in the Child and the Race, 1893.

Binet, Perceptions d'enfants, Revue philosophique, Tome 30, S. 582.

Compayré, Die Entwicklung der Kindesseele, Deutsch von Ufer, Leipzig 1900.

Cuignet, De la vision chez le tout jeune enfant, Annales d'oculistique, Tome 66, 1871.

Dehio, von Preyer in der Zeitschrift f. Psychol. u. Physiol., Band 14, 1897, zitiert.

Dobbie, Experiments with school children on colour combinations, Univ. of Toronto Psychological Studies, Vol. 1, 1900.

Engelsperger und Ziegler, Beiträge zur Kenntnis der physischen und psychischen Natur des sechsjährigen in die Schule eintretenden Kindes, Zeitschrift für experim. Pädagogik, Band 2, 1906.

Garbini, Evoluzione del senso cromatico nella infanzia, Arch. per l'Anthropologia e la Etnologia, Vol. 24, 1894, Firenze.

Gilbert, Mental and Physical Development of School children, Studies from the Yale Psychol. Laboratory, Vol. 2, 1894.

Henmon, Sex Differences and Variability in Color Perception, Univ. of Colorado Studies, Vol. 7, Nr. 4, June 1910.

Holden and Bosse, The development of the child's colour sense, Arch. of Ophthalmology, Vol. 29, 1900. Siehe auch Zeitschrift f. Psychol. und Physiol. Band 25.

Jastrow, Pop. Science Monthly, Jan. 1897, von Schaefer (siehe unten) zitiert.

Lobsien, Über Farbenkenntnis bei Schulkindern, Zeitschrift für Psychol. und Physiol., Band 34.

Luckey, Comparative Observations on the indirect Color Range of children, adults and adults trained in color, American Journal of Psychology, Vol. 6, 1895.

Mc. Dougall, An Investigation of the Colour sense of two infants, The British Journal of Psychology, Vol. 2, S. 338.

Meumann, Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik, 1. Aufl., 2 Bde.

Myers, Some observations on the Development of the Colour sense, The British Journal of Psychology, Vol. 2, S. 353.

Nagel, Observations on the Color sense of a child, Journal of comparative Neurology and Psychology, Vol. 16, S. 217, 1906.

Preyer, Die Seele des Kindes, 1900.

— Farbenunterscheidung und Abstraktion in der ersten Kindheit, Zeitschrift für Psychol. und Physiol. Band 14.

Raehlmann, Physiol.-psychol. Studien über die Entwicklung der Gesichtswahrnehmungen bei Kindern und bei Blindgeborenen, Zeitschrift für Psychol. und Physiol. Band 2 und 6.

— Über den Farbensinn des Kindes, Die Ophthalmologische Klinik, Band 7. S. 321, 1903.

Roselli, Infantiler Daltonismus, Bolletino dell' Ospedale Oftalmico, 1903, Roma.

Schaefer, Farbenbeobachtungen bei Kindern, Beiträge zur Kinderforschung und Heilerziehung, Heft 31, 1907.

Schallenberger, Color perception of children, American Journal of Psychol. Vol. 8, S. 562.

Schulze, Aus der Werkstatt der experimentellen Psychologie und Pädagogik, S. 37ff., 1909.

Schuyten, Quels sont les rayons du Spectre dont l'excitation sur la rétine des enfants est la plus intense?, Belgique médicale, Vol. 2. 1895.
Schuyten, Über den Farbensinn bei Schulkindern, Zeitschrift für experim. Pädagogik, Band 3, S. 102, 1907.
Shinn, Körperliche und geistige Entwicklung eines Kindes, Deutsch von Glabbach und Weber, Langensalza, 1905.
Sully, Untersuchungen über die Kindheit, Deutsch von Stimpfl, 1904.
Uffelmann, Hygiene des Kindes, Leipzig, 1881.
Vitali, Studi anthropologica in servizio della pedagogica, Vols. 1, 2, Le Romagnole-Torino, 1896, 1898.
Winch, Color Names of English School children, American Journal of Psychology, Vol. 21, 1910.
Wolfe, On the Color vocabulary of children, Univ. Studies, Nebraska, Vol. 1, 1890.
Ziehen, Ideenassoziation des Kindes, 2. Abh.

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

Vita

Ich, LLEWELYN WYNN JONES, evgl. Konfession, geboren am 23. April 1879 zu Henllan, Pwllheli, North Wales, besuchte die County School in Carnarvon 1895—97; das University College of North Wales vom Okt. 1897 bis Juni 1901. (B. Sc. Wales 1901.) Dann war ich als Privatlehrer tätig. Nach Erwerbung eines Stipendiums für Mathematik besuchte ich das Jesus College zu Oxford vom Okt. 1903 bis Juni 1907. (B. A. Oxford 1907; M. A. Oxford 1911.)

Vom Sept. 1907 bis Juni 1908 war ich als Lehrer an der Ras-el-Tin Government Secondary School in Alexandrien (Ägypten) und vom Aug. 1908 bis Dez. 1908 als Lehrer an der Alten Burg-Schule zu Hameln in Hannover angestellt, April 1909 bis März 1911 studierte ich an der Universität Leipzig und hörte Vorlesungen bei den Herren Dozenten: Barth, Brahn, Jungmann, Klemm, Lange, Meumann, Salow, Volkelt, Wiener und Wundt. Außerdem war ich Mitglied des psychologisch-pädagogischen Instituts des Herrn Prof. Meumann, des psychologischen Laboratoriums des Herrn Prof. Wundt, des psychologisch-pädagogischen Seminars des Herrn Prof. Meumann, des philosophisch-pädagogischen Seminars des Herrn Prof. Volkelt, des praktisch-pädagogischen Seminars des Herrn Prof. Lehmann und des Instituts für Kultur- und Universalgeschichte des Herrn Prof. Lamprecht.

Ferner war ich Mitglied des Instituts für experimentelle Pädagogik und Psychologie des Leipziger Lehrervereins unter Leitung von Herrn Privatdozent Dr. Brahn, der mir die Anregung zu dieser Arbeit gab. Ihm bin ich für manchen guten Rat zu verbindlichstem Dank verpflichtet.

Ausgeführt wurde meine Arbeit unter Leitung des Assistenten Herrn Dr. Deuchler (jetzt Privatdozent in Tübingen); auch ihm spreche ich meinen herzlichsten Dank aus.

3 0112 061798887